

**UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA VEDE O ZDRAVJU**

**UČINEK VNOSA AMINOKISLIN Z RAZVEJANO
STRANSKO VERIGO MED VADBO ZA MOČ NA
PRIDOBIVANJE MIŠIČNE MASE**

MAGISTRSKA NALOGA

Študentka: ŽANA SELIČ

Mentorica: doc. dr. ZALA JENKO PRAŽNIKAR, univ. dipl. biokem.

Somentor: asist. dr. ANDREJ KOCJAN, prof. šp. vzg.

Študijski program: študijski program 2. stopnje Dietetika

Izola, 2019

ZAHVALA

Rada bi se zahvalila mentorici doc. dr. Zali Jenko Pražnikar, univ. dipl. biokem. in somentorju asist. dr. Andreju Kocjanu, prof. šp. vzg. za podporo, strokovno pomoč in koristne nasvete ter navodila pri izpeljavi raziskave in izdelavi magistrske naloge.

Zahvaljujem se tudi recenzentu doc. dr. Borisu Kovaču, recenzentki izr. prof. dr. Mihaeli Jurdana in lektorici Ireni Kragel, prof. an. j. s knjiž. in slov. j. s knjiž., ki je nalogo slovnično in jezikovno pregledala, ter vsem sodelujočim v raziskavi, ki so mi omogočili, da sem lahko raziskavo izpeljala po načrtih.

Zahvaljujem se tudi svoji družini in fantu Jerneju, ki so mi stali ob strani med pisanjem naloge, ter vsem drugim, ki so na kakršenkoli način pripomogli k izdelavi naloge.

IZJAVA O AVTORSTVU IN SOGLASJE ZA OBJAVO NALOGE

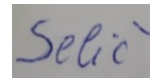
Spodaj podpisana Selič Žana izjavljam, da:

- je predložena magistrska naloga izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s pravili UP Fakultete za vede o zdravju;
- se zavedam, da je plagiatorstvo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah Uradni list RS št. 16/2007 (v nadaljevanju ZASP) kaznivo.

Soglašam z objavo elektronske verzije magistrske naloge v Repozitoriju UP.

Izola, dne 23. 6. 2019

Podpis študentke:

A small rectangular box containing a handwritten signature in blue ink, which appears to read "Selič".

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU

Naslov	Učinek vnosa aminokislin z razvejano stransko verigo med vadbo za moč na pridobivanje mišične mase
Tip dela	magistrska naloga
Avtor	SELIČ, Žana
Sekundarni avtorji	JENKO PRAŽNIKAR, Zala (mentorica) / KOCJAN, Andrej (somentor) / KOVAČ, Boris (recenzent) in JURDANA, Mihaela (recenzentka)
Institucija	Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju
Naslov inst.	Polje 42, 6310 Izola
Leto	2019
Strani	VI, 51 str., 5 pregl., 0 sl., 2 pril., 73 vir
Ključne besede	vadba za moč, pridobivanje mišične mase, prehranska priporočila, športna prehranska dopolnila, BCAA
UDK	547.466:796.012
Jezik besedila	slv
Jezik povzetkov	slv/eng
Izvleček	<p>Med obiskovalci fitnessov je pogosta uporaba prehranskih dopolnil, med katerimi jih ogromno nima znanstveno dokazanih učinkov. Zato smo v 8 tednov trajajoči navzkrižni raziskavi raziskovali učinek aminokislin z razvejano stransko verigo (BCAA), enega najpopularnejših prehranskih dopolnil med obiskovalci fitnessov, na povečanje mišične mase in zmanjšanje odstotka telesne maščobe ter razmerja med obsegom pasu in bokov v povezavi z vadbo za moč. Deset treniranih preiskovank ženskega spola (19 – 33 let) je bilo razdeljenih na skupino brez vnosa BCAA in skupino z vnosom BCAA, ki je vnašala prehransko dopolnilo BCAA med vsakim treningom. Preiskovanke so 5-krat tedensko izvajale vadbo za moč po metodi submaksimalnih mišičnih naprežanj. Bile so v energijskem suficitu z zadostnim vnosom beljakovin za mišično rast. Statistično značilna povezava med spremembo telesne mase (TM) in mišične mase v BCAA skupini nakazuje, da ima prehransko dopolnilo BCAA, vneseno med vsakim treningom (1 odmerek oz. 10 g na trening) učinek na pridobivanje mišične mase ob povečanju TM, medtem ko učinka na zmanjšanje odstotka telesne maščobe in razmerja med obsegom pasu in bokov nismo ugotovili.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

Title	The effect of branched-chain amino acids supplementation during strength training on muscle mass gain
Type	Master's Thesis
Author	SELIČ, Žana
Secondary authors	JENKO PRAŽNIKAR, Zala (supervisor) / KOCJAN, Andrej (coadvisor) / KOVAČ, Boris (reviewer) in JURDANA, Mihaela (reviewer)
Institution	University of Primorska, Faculty of Health Sciences
address	Polje 42, 6310 Izola
Year	2019
Pages	VI, 51 p., 5 tab., 0 fig., 2 ann., 73 ref.
Keywords	strength training, muscle mass gain, dietary recommendations, nutritional supplements in sport, BCAA
UDC	547.466:796.012
Language	slv
Abstract language	slv/eng
Abstract	Nutritional supplements are frequently used among fitness goers, but lots of such products do not have scientifically proven effects. That is why, during the 8 weeks long cross over study, we were investigating the effects of one of the most popular nutritional supplements among fitness goers – branched-chain amino acids (BCAA) on muscle mass gain, body fat reduction and reduction of waist/hip ratio in association with strength training. Ten trained females (19 – 33 years) were divided into BCAA free group and BCAA group, in which they were drinking BCAA supplement during each training. The subjects performed submaximal muscle contractions method of strength training five times per week. They were in energy surplus with sufficient protein intake for muscle growth. A statistically significant correlation between changes in body and muscle mass in the BCAA group suggest, that the BCAA supplementation during each training (1 scoop or 10 g per training) has an effect on muscle mass gain when body mass increases, while the effect on body fat reduction and reduction of waist/hip ratio has not been detected.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNE INFORMACIJE O DELU	I
KEY WORDS DOCUMENTATION	II
KAZALO VSEBINE.....	III
KAZALO PREGLEDNIC.....	V
SEZNAM KRATIC.....	VI
1 UVOD	1
1.1 Fiziologija gibanja	2
1.1.1 Viri energije za mišično delo	2
1.1.2 Energijski viri po koncu vadbe.....	3
1.1.3 Pomembni hormoni in njihova vloga	3
1.1.4 Vloga beljakovin	4
1.2 Skeletne mišice	5
1.3 Pridobivanje mišične mase	6
1.4 Vadba za moč	7
1.4.1 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprezanj	9
1.5 Vpliv vadbe za moč na presnovo beljakovin.....	10
1.6 Prehrana za pridobivanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč	11
1.6.1 Energijski vnos.....	12
1.6.2 Makrohranila	12
1.6.3 Tekočina	17
1.6.4 Mikrohranila.....	17
1.6.5 Število in časovni razmik med obroki.....	18
1.6.6 Urnik prehranjevanja.....	18
1.7 Prehranska dopolnila za povečanje mišične mase	21
1.8 Prehranska dopolnila z BCAA	23
2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA	25
3 METODE DELA IN MATERIALI	26
3.1 Vzorec.....	26
3.2 Potek raziskave	26
3.3 Meritve.....	28
3.3.1 Telesna sestava	28
3.3.2 Obsegi.....	28

3.3.3	Prehranski vnos in program vadbe	29
3.4	Statistična analiza	29
4	REZULTATI.....	30
4.1	Opis vzorca	30
4.2	Analiza prehranskega vnosa	31
4.3	Telesna sestava in obsegi.....	31
4.3.1	Razlike znotraj skupine	31
4.3.2	Razlike med skupinama	32
4.3.3	Korelacije med spremenljivkami	34
5	RAZPRAVA	38
5.1	Omejitve raziskave	43
6	ZAKLJUČEK	45
7	VIRI	46
	PRILOGE	52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Opis vzorca.....	30
Preglednica 2: Povprečje 3-dnevnega energijskega in hranilnega vnosa.....	31
Preglednica 3: Razlike v spremembah antropometričnih podatkov znotraj posamezne skupine	32
Preglednica 4: Razlike v spremembah antropometričnih podatkov med skupinama.....	33
Preglednica 5: Korelacije med spremembo mišične mase in ostalih merjenih podatkov	34

SEZNAM KRATIC

1RM	one repetition maximum, največje breme, s katerim je možno narediti eno ponovitev
AK	aminokisline
ATP	adenozin trifosfat
ADP	adenozin difosfat
BCAA	branched-chain amino acids, aminokisline z razvejano stransko verigo
BMR	basal metabolic rate, stopnja bazalnega metabolizma
CrP	creatine phosphate, kreatin fosfat
D	desnosučen
DOMS	delayed-onset muscle soreness, zapoznela mišična bolečina
EIMD	exercise-induced muscle damage, z vadbo povzročena mišična poškodba
GI	glikemični indeks
IGF-1	insulin like growth factor, inzulinu podoben rastni faktor
ITM	indeks telesne mase
L	levosučen
MK	maščobne kisline
mTOR	mechanistic target of rapamycin, signalni sistem tarča rapamicina
OH	ogljikovi hidrati
RV	raziskovalno vprašanje
SD	standardna deviacija
TAG	triacilgliceroli
TM	telesna masa
TV	telesna višina

1 UVOD

V zadnjih letih postaja vadba v fitnesu v Sloveniji vse bolj priljubljena, kar dokazuje hiter razvoj in razširjenost fitnesov, ki postajajo pomemben del ponudbe na področju rekreativnega športa ter pomembna sestavina kakovosti življenja (Bajič, 2015; Rebec, 2007). Razlog je verjetno v njihovi prilagodljivosti posamezniku, saj nudijo možnost vadbe skozi vse letne čase ne glede na vremenske razmere, vadba pa je primerna tako za rekreativne kot tudi profesionalne športnike in za katerikoli starostno kategorijo ter stopnjo treniranosti (Bunderla, 2008; Majerle, 2002a; Rebec, 2007).

Za vadbo v fitnesu je značilna vadba z utežmi ter na vadbenih napravah (trenažerjih), katerih prednost je možnost treniranja točno določene mišične skupine ter določanja obremenitve in amplitude treninga (Bajič, 2015; Rebec, 2007). Gre za vadbo proti upor, za katero je značilno premagovanje upora vzmeti ali uteži z namenom povečanja ali vzdrževanja mišične mase in moči (Blinč in Bresjanac, 2005). S takšnim načinom vadbe so tesno povezani specifični načini prehranjevanja, ki prispevajo k doseganju mišičastega in v skladu z estetskimi normami oblikovanega telesa ter večji moči (Bajič, 2015).

Organizem se na ponavljajoče obremenitve med vadbo prilagodi s pomočjo fizioloških mehanizmov (prilagoditev živčno-mišičnega in hormonskega sistema), za kar je potreben primeren dražljaj (vadba) in čas prilagoditve nanj (regeneracija), ki si izmenično sledita (Dervišević in Vidmar, 2011; Petrović idr., 2005). Vadba vodi v utrujenost in izčrpanje, regeneracija pa v ponovno vzpostavitev homeostaze in funkcionalnih sposobnosti (kompenzacija) ali pa v njihovo izboljšanje (superkompenzacija), kadar se telo obremeni nad trenutnimi sposobnostmi (Dervišević in Vidmar, 2011). Večje ko je izčrpanje, močnejši je odziv zdravega organizma z izboljšanjem funkcionalnih sposobnosti in daljši je potreben čas regeneracije (Dervišević in Vidmar, 2011; Petrović idr., 2005). Regeneracija je odvisna od zadostnega časa počitka in količine spanja, primerne prehrane in psihične sproščenosti in je enako pomembna kot vadba (Dervišević in Vidmar, 2011; Petrović idr., 2005). Zaradi prizadevanja za optimalno regeneracijo v najkrajšem možnem času prihaja do odkrivanja vedno novih metod, ki poskušajo to doseči (Dervišević in Vidmar, 2011).

Prehrana ima odločilen vpliv na izpeljavo kakovostne vadbe in športni uspeh ter ključno vlogo pri spodbujanju prilagoditve mišic in ostalih tkiv na vadbo (Dervišević in Vidmar, 2011; Maughan in Shirreffs, 2015). Glavni cilj prehrane je doseči najboljšo možno regeneracijo, postaviti telo v novo ravnovesje ter obnoviti energijske sisteme in telesne beljakovine, kar omogoča več intenzivnejšega treninga in s tem boljši rezultat (Lipovšek, 2013). Osnovo športne prehrane predstavlja uravnotežen, energijsko zadosten in časovno dobro tempiran vnos makrohranil ter zadostna količina mikrohranil (Rotovnik Kozjek, 2013; Topole, 2013). Ustrezna prehrana omogoča optimalen izkoristek vadbe, pospešeno regeneracijo med vadbenimi enotami, vzdrževanje zdravja in dobrega počutja, zmanjševanje tveganja poškodb in pretreniranosti, vzdrževanje ustrezne telesne mase (v nadaljevanju TM) in sestave, samozaupanje v lastne sposobnosti in doseganje dobrih rezultatov, medtem ko je neustrezna prehrana povezana s pomanjkanjem volje, utrujenostjo, slabšim športnim

uspehom, slabo koncentracijo, počasnejšo regeneracijo, povečano pojavnostjo poškodb in infekcij ter z večjimi izgubami TM (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Maughan, R. J. in Shirreffs, 2015; Rotovnik Kozjek, 2013). Kolikšen je dejanski doprinos prehrane h končnemu rezultatu, ni jasno, saj se ga ne da znanstveno izmeriti, še več pa je nasprotujočih si mnenj v zvezi s prehranskimi dopolnili in njihovim vplivom na zmogljivost (Lipovšek, 2013).

1.1 Fiziologija gibanja

1.1.1 Viri energije za mišično delo

Med vadbo mora telo zelo hitro proizvajati veliko količino energije zaradi mišičnega krčenja, povečanega delovanja pljuč in pospešenega srčnega utripa, ki omogoča hitrejši pretok krvi po telesu (Bean, 2013). Osnovna molekula, ki jo celice uporabljajo kot vir energije, je adenozin trifosfat (v nadaljevanju ATP), ki nastaja iz osnovnih hranil oz. njihovih gradbenih enot in ob razgradnji sprosti veliko energije (Lipovšek, 2013). Poraba te molekule je pri športnikih izredno velika, zaloge pa so zelo majhne, zato je ključno, da ob porabi ves čas poteka tudi obnavljanje ATP iz adenozin difosfata (v nadaljevanju ADP), ki nastaja pri razgradnji ATP (ATP-ADP cikel), zaradi česar količina ATP nikoli ne pade na nič, največje možno zmanjšanje je za 50 % (Čajavec, 2001; Lipovšek, 2013). Intenzivnejša ko je vadba, večje je zmanjšanje ATP, ki pa se ne more dovolj hitro obnavljati, kar vpliva na krajši čas izvajanja aktivnosti pri enaki intenzivnosti (Lipovšek, 2013).

Viri energije za mišično delo se razlikujejo po moči in kapaciteti obnavljanja, ki sta v obratnem sorazmerju – višja je kapaciteta (količina), manjša je moč in obratno (Lipovšek, 2013). Pri vadbi za moč, kjer gre za nenadne mišične kontrakcije, ki zahtevajo v kratkem času veliko energije, se energija proizvaja predvsem anaerobno (v odsotnosti kisika), pri čemer sta pomembna fosfageni (anaerobni alaktatni) energetski sistem, ki ga predstavljata ATP in kreatin fosfat (angl. »creatine phosphate« – v nadaljevanju CrP), ter anaerobna glikoliza (anaerobni laktatni energetski sistem) (Bean, 2013; Čajavec, 2001; Dervišević in Vidmar, 2011; Petrović idr., 2005). Sočasno pa potekajo tudi aerobni procesi, zato gre za anaerobno-aerobni napor (Rebec, 2007).

CrP v mišicah je najhitrejši vir za resintezo ATP. Ko se na začetku vadbe začne zmanjševati količina ATP in naraščati ADP, se iz ADP in CrP začneta tvoriti ATP in kreatin, po vadbi ali med zadostnim odmorom med vadbo pa se obnavljajo zaloge CrP iz ATP in kreatina v mišicah (Lipovšek, 2013). Skupna količina ATP in CrP omogoča le 10 sekund maksimalnega napora ob anaerobnih razmerah – shranjen ATP 2 – 3 sekunde in CrP dodatnih 6 – 7 sekund, nato pa intenzivnost pade (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014). Energija se sprosti zelo hitro, zaloge energijskih molekul pa so zelo omejene, zato je CrP glavni vir energije pri nekaj sekund trajajočih aktivnostih maksimalne intenzivnosti (dvigovanje uteži) (Bean, 2013; Lipovšek, 2013).

S povečevanjem količine premaganih bremen, števila ponovitev in skrajševanjem odmorov postajajo vse pomembnejši vir energije ogljikovi hidrati (v nadaljevanju OH), ki so v telesu

shranjeni v obliki glikogena, ta pa se za potrebe energijske proizvodnje razgradi na glukozo v procesu glikogenolize (Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Razgradnja glukoze je pri vadbi za moč predvsem anaerobna (anaerobna glikoliza), pri čemer iz ene molekule glukoze nastaneta le dve molekuli ATP, prednost pa je moč oz. hitrost, vrh namreč doseže že po 5 – 7 sekundah maksimalne vadbe, ko CrP ne more več vzdrževati napora in je poleg CrP v anaerobnih pogojih najhitrejša pot obnavljanja ATP, glavna razlika med njima pa je v kapaciteti (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). V primerjavi s CrP ima glukosa malo manjšo hitrost razgradnje, količina dobljenega ATP pa je lahko tudi do 10-krat večja (Lipovšek, 2013). Mlečna kislina oz. laktat, ki nastaja iz končnega produkta glikolize – piruvata, povzroča lokalno acidozo in utrujenost ter negativno vpliva na krčenje mišic, zato ta sistem zagotavlja energijo za 1 – 2 minuti kratkotrajne visoko intenzivne aktivnosti, dokler nastajajoč laktat, katerega odstranjevanje ne more slediti proizvodnji, ne preseže stacionarnega stanja, ki onemogoča vztrajanje mišične aktivnosti pri enaki intenzivnosti, njegova vrednost pa se v odmorih med vadbo zmanjšuje zaradi aerobne razgradnje (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Acidoza povzroča mišično bolečino (pekoč občutek) in togost med vadbo ali takoj po njej, pekoč občutek v mišici med vadbo pa je v bistvu varovalni mehanizem, ki ščiti mišične celice pred uničenjem (Bean, 2013). S podaljševanjem vadbe se vse več energije pridobiva aerobno, pri čemer je kapaciteta veliko večja, moč pa dosti manjša kot pri anaerobnih procesih. Med vadbo za moč vsi procesi potekajo hkrati, razlikujejo se le deleži doprinosa posameznih procesov k sintezi ATP (Lipovšek, 2013).

Pri nezadostni proizvodnji energije iz osnovnih goriv so tudi aminokisline (v nadaljevanju AK) potencialna možnost izvora energije, in sicer predvsem AK z razvejano stransko verigo (angl. »branched-chain amino acids« – v nadaljevanju BCAA) (Dervišević in Vidmar, 2011).

1.1.2 Energijski viri po koncu vadbe

Zaradi težnje telesa po vzdrževanju homeostaze se takoj po koncu vadbe nadaljujejo procesi obnove ATP s ciljem čim prejšnje povrnitve energijskega stanja. Obnoviti se mora mišični ATP, CrP in glikogen, pri čemer je najpomembnejša glukosa, saj ATP in CrP ne izgineta med porabo (Lipovšek, 2013). Fosfageni energetski sistem se obnovi v 3 – 5 minutah, laktat se razgradi v 1 – 3 urah, glikogenske zaloge se obnovijo v 24 – 36 urah, obnova beljakovin zaradi katabolizma med vadbo traja 48 – 72 ur, vzpostavitev hormonskega ravnotežja pa 2 – 4 dni (Dervišević in Vidmar, 2011).

1.1.3 Pomembni hormoni in njihova vloga

Hormoni so ključni pri uravnavanju presnovnih poti, njihova raven in vpliv na presnovo pa sta odvisna od starosti, spola, načina prehrane, telesne aktivnosti in prisotnosti bolezni (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Vadba povzroči spremembo ravnovesnega stanja, ki ga telo poskuša čim prej uravnovesiti. Med vadbo se poviša koncentracija stresnih hormonov (adrenalina in kortizola), ki pospešijo glikogenolizo in glukoneogenezo v jetrih s ciljem vzdrževanja koncentracije glukoze v krvi med vadbo. Zmanjša se proizvodnja inzulina, ki znižuje koncentracijo glukoze v krvi, kar prekine prehajanje glukoze v celice, njeno

oksidacijo in pretvorbo v triacilglicerole (v nadaljevanju TAG) ter inhibicijo lipolize, kar vpliva na večjo razpoložljivost maščobnih kislin (v nadaljevanju MK) za potrebe energije (Lipovšek, 2013). Inzulin sicer zmanjšuje potrebo po vključevanju AK v tvorbo energije, pospešuje vstop AK v mišične celice in ima anabolni učinek v presnovi beljakovin, ti učinki pa so med vadbo zavrti (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Rastni hormon je edini hormon, ki doseže vrh ponoči in je takrat edini hormon, ki zvišuje koncentracijo glukoze v krvi, ima katabolni učinek pri presnovi maščob med vadbo, ko je koncentracija inzulina nizka in anabolni učinek pri presnovi beljakovin v fazi regeneracije, ko je koncentracija inzulina visoka (Lipovšek, 2013; Petrović idr., 2005). Med vadbo se zmanjša nivo anabolnega hormona testosterona in njegov antagonističen učinek na kortizol, kar omogoči, da kortizol vpliva na katabolizem mišičnih beljakovin v najbolj aktivnih mišicah, zaradi česar se v kri izplavlja več AK, ki pripomorejo k pokrivanju energijskih potreb (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013; Petrović idr., 2005). Na velikost hormonalnega odziva ter s tem na pridobivanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč močno vpliva pravočasnost uživanja določenih hranil (Kristan, 2014).

Razgradnja mišičnih beljakovin med vadbo je pogoj, da bosta lahko v fazi regeneracije aktivno potekali gradnja in obnova mišic, drugi pogoj pa je zagotovitev zadostne količine časa za vzpostavitev novega hormonskega ravnovesja (Lipovšek, 2013). V fazi regeneracije pride do povečanja anabolnih hormonov, ki v mišicah povečajo sintezo in zmanjšajo razgradnjo beljakovin, pri tem pa so ključni pravilen dražljaj (vadba), odmor ter ustrezna prehrana (Lipovšek, 2013; Stepišnik Krašovec, 2015).

1.1.4 Vloga beljakovin

Beljakovine so osnovne sestavine telesa in so v njem poleg vode najbolj razširjena snov (Majerle, 2002b). Iz njih so v večji meri sestavljene mišice, katerih sestava je ključna za športni uspeh (Dervišević in Vidmar, 2011; Moore, Phillips in Slater, 2015; Podlogar, Kolar in Goršek, 2017). So najpomembnejše hranilo pri gradnji mišične mase, brez katerega gradnja novih mišičnih vlaken ni mogoča (Lipovšek, 2013). Gradniki beljakovin so AK, od katerih je 8 oz. 9 esencialnih, kar pomeni, da jih telo nujno potrebuje, ne more pa jih sintetizirati samo, zato jih je potrebno vnesti s hrano in prav vrsta, število, zaporedje in delež AK določajo lastnosti beljakovin (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Majerle, 2002b; Podlogar idr., 2017). Zastopanost esencialnih AK določa biološko vrednost beljakovin, ki pomeni njihov neto izkoristek v telesu. Med esencialne AK spadajo BCAA (levcin, izolevcin, valin), lizin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan in pogojno histidin (Dervišević in Vidmar, 2011).

Beljakovine predstavljajo majhen delež goriva za mišično delo (predvsem BCAA), in čeprav je pri vadbi za moč odstotek zanemarljiv, se ta povečuje sorazmerno s praznjenjem glikogenskih zalog (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Rotovnik Kozjek, 2004). V tvorbo energije so vključene predvsem v izjemnih situacijah, kjer pride do pomanjkanja OH (stradanje in podaljšana ali zelo intenzivna športna aktivnost), sicer pa so predvsem gradbeni material za nove mišične strukture in popravilo starih, in sicer ne le za kontraktilne beljakovine, ki gradijo mišično maso, ampak tudi za strukturne beljakovine (kolagen),

energetske enote mišice in dele mišičnih organelov, ki neposredno sodelujejo pri sintezi novih beljakovin (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013; Moore idr., 2015; Rotovnik Kozjek, 2004). Predstavljajo tudi gradbene enote za encime in hormone, ki uravnavajo presnovo in druge telesne funkcije, kot sestavine protiteles pa prispevajo k imunski zaščiti organizma (Dervišević in Vidmar, 2011; Rotovnik Kozjek, 2004). Vzdržujejo optimalno ravnovesje tekočin v tkivih, pomembne so za celični transport hranil, za prenašanje kisika po telesu ter regulacijo strjevanja krvi (Bean, 2013). V procesu glukoneogeneze se lahko pretvorijo v maščobe ali OH, medtem ko se beljakovine ne morejo tvoriti iz maščob in OH, zato so za gradnjo in obnovo beljakovin v telesu nujno potrebne beljakovine iz hrane (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Poleg tega jih telo ne more shranjevati, zato potrebuje njihov stalen dotok (Lipovšek, 2013).

1.2 Skeletne mišice

Skeletne mišice so tkivo, ki omogoča gibanje s krčenjem in sproščanjem (Petrović idr., 2005). Predstavljajo 40 % celotne TM pri moškem in 35 % pri ženski (Maughan in Shirreffs, 2015). Sestavljene so iz mišičnih vlaken, ki se delijo na počasna (tip 1) in hitra (tip 2) mišična vlakna, hitra pa se delijo na tip 2a (hitra oksidativna vlakna) in tip 2b (hitra glikolitična vlakna, ki se najhitreje krčijo) (Bean, 2013; Fry, 2004; Maughan in Shirreffs, 2015). Pri vadbi za moč so pomembna predvsem hitra mišična vlakna, ki se krčijo hitro in uporabljajo večinoma anaerobni sistem pridobivanja energije, so slabše prekrvavljena, vsebujejo veliko glikogena in so zato pomembna pri kratkotrajnih intenzivnih naporih, za razliko od počasnih vlaken, ki se krčijo počasneje, so odporna na utrujenost, vsebujejo mitohondrije, ki imajo visoko aerobno kapaciteto, in uporabljajo večinoma aerobni sistem pridobivanja energije, zato so pomembna pri dolgotrajnih manj intenzivnih naporih (vzdržljivostni športi) (Bean, 2013; Petrović idr., 2005).

Kljub temu da je razmerje med mišičnimi vlakni podedovana lastnost, lahko vadba spremeni razmerje med posameznimi tipi vlaken, njihovo velikost in kontraktilne lastnosti. Skeletne mišice so namreč zelo plastično tkivo, ki se hitro odziva na uporabo s spreminjanjem mišične mase in sestave ter s tem funkcionalnih lastnosti, te spremembe pa so specifične glede na vadbeni dražljaj in proporcionalne z napornostjo vadbe (Martinez Sanz, Norte Navaro, Salinaz Garcia in Sospedra Lopez, 2019; Maughan in Shirreffs, 2015). Redna vadba za moč povzroči pretvorbo mišičnih vlaken tipa 2b v tip 2a, ki je pri vadbi za moč prednostni tip, vlakna tipa 2b se kljub najhitrejšemu krčenju namreč najtežje rekrutirajo, zato niso pogosto uporabljena, pretvorba iz vlaken tipa 1 v tip 2 kot prilagoditev na vadbo za moč pa ni mogoča (Fry, 2004).

Večji del mišične mase predstavljata beljakovini aktin in miozin, katerih glavne sestavine so BCAA, in sta urejeni v dolge miofilamente znotraj mišičnih vlaken, ki drsijo drug ob drugem in omogočajo krčenje mišice (Martinez Sanz, Norte Navaro, Salinaz Garcia in Sospedra Lopez, 2019; Maughan in Shirreffs, 2015). Najmanjše funkcionalne enote mišične celice so sarkomere, to so kontraktilne enote, ki potekajo po dolžini mišičnega vlakna v več vzporednih nizih (Čajavec, 2001; Kristan, 2014; Maughan in Shirreffs, 2015). V primeru neaktivnosti

mišično vlakno izgubi sarkomere, vadba pa povečuje funkcionalnost sarkomer z odebelitvijo aktinskih in miozinskih nitk z novimi nitkami (Čajavec, 2001). Število vzporednih sarkomer (prečni prerez mišice) je proporcionalno z maksimalno silo, ki jo mišica lahko proizvede, število zaporednih sarkomer (dolžina mišičnega vlakna) pa z največjo hitrostjo krčenja, moč pa je proporcionalna s produktom obeh (volumnom mišice) (Kristan, 2014; Maughan in Shirreffs, 2015). Večjo silo ko mora mišica proizvesti, več mišičnih vlaken se bo aktiviralo (Maughan in Shirreffs, 2015).

1.3 Pridobivanje mišične mase

Povečanje mišične mase oz. hipertrofija je povečanje prečnega preseka mišic, s katerim se telo prilagodi povečanju moči ali mišične vzdržljivosti, in je rezultat povečanega premera mišičnih vlaken (zaradi povečanega števila in obsega nitk) in večje količine aktina in miozina, skladno s tem pa se poveča tudi količina vezivnega tkiva, kit in ligamentov (Lipovšek, 2013; Petrović idr., 2005). Če se moč bistveno ne poveča, tudi povečanje mišične mase ne more biti veliko (Lipovšek, 2013). Povečanje moči pa ne pomeni nujno hipertrofije, kar je posebno opazno pri ženskah, ki imajo manj testosterona, ki pomembno vpliva na pridobivanje mišične mase (Petrović idr., 2005).

Za hipertrofijo je potrebno v telesu ustvariti anabolno okolje s kontroliranjem anabolnih in katabolnih hormonov s kombinacijo dobro načrtovanega programa vadbe proti upor, uravnotežene prehrane (do neke mere tudi s prehranskimi dopolnili) in primerne počitka (Bean, 2013; Lipovšek, 2013; Petrović idr., 2005). Vadba predstavlja dražljaj za mišično rast s povzročitvijo mikro poškodb mišic, ki za popravilo in rast potrebujejo dodatne beljakovine in energijo, hipertrofijo namreč povzroči povečana sinteza beljakovin v času odmora med dvema vadbenima enotama (Bean, 2013; Kristan, 2014). Če vadba ne predstavlja dovolj močnega dražljaja, ne pride do napredka, če pa je premočan, lahko vodi v poškodbe in pretreniranost. Telo se odzove na vadbo v času počitka, zato je spanje (minimalno 8,5 ur na dan) ključno za rast mišičnih vlaken. Če je čas počitka prekratek, da bi se telo lahko obnovilo, pride prav tako do pretreniranosti, kjer se poruši razmerje anabolnih in katabolnih hormonov, posledica pa je zaustavitev mišične rasti, težko odpravljiva utrujenost ter veliko časa, potrebnega za ponovno vzpostavitev ravnovesja (Lipovšek, 2013).

Za povečanje anabolnega in zmanjšanje katabolnega stanja kot posledice vadbe je potrebno upoštevati številne faktorje, najprej hormone, ki so neposredno vključeni v presnovo mišic: testosteron, rastni hormon, inzulinu podoben rastni faktor (angl. »insulin like growth factor« – nadaljevanju IGF-1), inzulin, ščitnični hormoni, kortizol, glukagon in kateholamini (adrenalin in noradrenalin). Med vadbo in po njej se lahko poveča anabolne in zmanjša katabolne učinke z ustvarjanjem anabolne hormonske kaskade ali pa z upoštevanjem naravnega nihanja anabolnih hormonov, vendar je samo s prehrano težko uskladiti vse hormone za doseg sinergističnega delovanja. Rastni hormon ima na primer svoj naravni vrh v postabsorpcijskem času, ko je količina hranil iz hrane relativno majhna in ni dostopna mišičnim celicam, zato takrat deluje predvsem katabolno. Pomembno je, da se poskuša anabolne in antikatabolne učinke hormonov preko njihovega sinergističnega delovanja maksimirati ob hkratnem

zmanjšanju katabolnih učinkov kortizola v času, ko je na razpolago največ hranil, kar je glavni razlog, da je nastajanje mišične mase po naravni poti težko in zahteva veliko predanosti, časa, znanja, potrpljenja in trdega dela. Hitro pridobljena mišična masa namreč tudi hitro izgine, počasno pridobivanje pa pomeni kakovostno mišično maso, ki jo je mogoče vzdrževati dlje časa tudi v obdobju neaktivnosti (Lipovšek, 2013). To je posledica mišičnega spomina, kar pomeni, da se v določenem obdobju treniranja, mišična vlakna prilagodijo na vadbo na živčno-mišični ravni, pri določeni vadbi tudi na hipertrofijo, v primeru prenehanja vadbe, pa se mišična vlakna povrnejo v prvotno stanje, ki je potrebno za določeno gibanje. Mišični spomin preko povezav in interakcij znotraj mišic ter med mišicami in živčevjem omogoča, da si mišice zapomnijo hipertrofijo, kar pomeni, da pride pri ponovnem treningu do hitrejšega doseganja stopnje hipertrofije mišičnih vlaken v primerjavi z netreniranostjo (Gundersen, 2016; Lipovšek, 2013; Seaborne idr., 2018).

Lipovšek (2013) navaja, da poleg vadbenega programa in prehrane na hipertrofijo vplivajo tudi naslednji genetski dejavniki:

- tip telesa: ektomorfi (vitko grajeni z dolgimi vitkimi udi ter ozkimi rameni in boki) težje pridobivajo mišično maso kot mezomorfi (mišičasti, atletsko grajeni s širokimi rameni in ozkimi boki), endomorfi (široko in okroglo grajeni, s širokimi rameni in boki) pa lažje pridobivajo mišično in maščobno maso.
- razmerje med tipi mišičnih vlaken: posameznik, ki ima naravno več hitrih vlaken, ki so dovzetnejša za rast, hitreje pridobi mišično maso kot posameznik z večjim številom počasnih vlaken, pretvarjanje iz počasnih v hitra vlakna namreč ni mogoče.
- ravnovesje hormonov: posamezniki z naravno višjimi nivoji anabolnih hormonov hitreje pridobivajo mišično maso, kar je razlog, da ženske po naravni poti ne morejo doseči takšne mišične mase kot moški (Lipovšek, 2013).

Bistvenega pomena je kvaliteta pridobljene mase, kar pomeni pridobitev mišične mase brez prevelikega povečanja deleža podkožne maščobe, čeprav se med pridobivanjem mišične mase vedno pridobi tudi nekaj telesne maščobe zaradi pozitivnega energijskega vnosa in mišična masa v povprečju predstavlja le 30 – 40 % pridobljene TM (Dervišević in Vidmar, 2011; Krumpak, 2002; Lipovšek, 2013). Moški lahko pričakujejo pridobitev 0,5 – 1 kg, ženske pa 0,25 – 0,75 kg puste mase na mesec (Bean, 2013). Moore idr. (2015) priporočajo pridobitev 0,25 – 0,5 kg TM na teden, Dervišević in Vidmar (2011) 0,25 kg mišične mase na teden, Lipovšek (2013) pa navaja, da je dolgoročno potrebno ciljati na 0,5 kg nove mišične mase na mesec. Ob povečanju TM za več kot 1 kg na mesec gre najverjetneje za pridobivanje telesne maščobe (Bean, 2013).

1.4 Vadba za moč

Trening je osnovna vadbeni enota, sestavljena iz uvodnega dela (splošno, specifično ogrevanje, raztezanje), glavnega dela (trening moči) in zaključnega dela (sproščanje) (Čajavec, 2001; Pori, Pori in Vidič, 2016). Ogrevanje pred vadbo je nujno, saj pripravi telo na akcijo, omogoči postopen dvig srčnega utripa in temperature v mišicah, ki ima za posledico

manjšo viskoznost in večjo prožnost mišice, doseganje maksimalne amplitude gibanja, gladke in sproščene gibe, povečanje pretoka krvi skozi aktivne mišice, kar pomeni pospešeno presnovo in več energije za vadbo, pripravo mišic na večje obremenitve, kasnejši pojav utrujenosti in psihično pripravo na napor ter tako zmanjša možnost poškodb in poveča učinkovitost in napredek pri vadbi (Petrović idr., 2005; Pori idr., 2016). Raztezanje poveča oz. ohranja elastičnost mišic, kit, mišičnih ovojnic, vezi in kože ter gibljivost v sklepih, s tem pa zmanjšuje možnost poškodb. Ogreti se je možno s počasnim tekom, kolesarjenjem, veslanjem, hojo na simulatorju ali eliptičnem trenažerju in dinamičnim raztezanjem (Petrović idr., 2005). Pomembno je, da vključuje dinamične vaje, ki aktivirajo veliko mišične mase pri nizki intenzivnosti, ter da se ogrejejo tiste mišične skupine, ki bodo v glavnem delu najbolj obremenjene (Pori idr., 2016).

Za vadbo za moč so značilne kratkotrajne, ponavljajoče se obremenitve visoke intenzivnosti (Dervišević in Vidmar, 2011; Petrović idr., 2005; Pori idr., 2016). Z redno vadbo za moč postanejo mišice močnejše zaradi povečane učinkovitosti regulacije živčnega sistema, povečanja mišične mase, izboljšanja elastičnih komponent in povečanih zalog energije (Pori idr., 2016). Med vsemi oblikami vadbe je najpogostejša in najučinkovitejša metoda za povečanje mišične mase (Dervišević in Vidmar, 2011; Stepišnik Krašovec, 2015).

Obremenitev je vadba, izražena z vadbenimi količinami, ki vključujejo vadbena količina (skupna masa premaganega bremena, število ponovitev, trajanje vadbe), intenzivnost in pogostost vadbe, ki je poseben način določanja intenzivnosti vadbe, ter vadbeni tip (aerobni, anaerobni laktatni, anaerobni alaktatni napor), ki ga je mogoče določiti glede na napor oz. odziv organizma na obremenitev ter prevladujočo ali ciljno energijsko presnovo (Lipovšek, 2007). Intenzivnost vadbe za moč je opredeljena s težo bremena, hitrostjo izvedbe in dolžino odmora med vajami in se prilagaja glede na želeni učinek. Teža bremena je določena z odstotki največjega bremena, s katerim je možno narediti eno ponovitev (angl. »one repetition maximum« – v nadaljevanju 1RM), zato je pred pričetkom vadbe potrebno izmeriti 1RM vsake mišične skupine (Petrović idr., 2005). Gre za test, pri katerem se ugotovi maksimalno težo bremena, ki jo lahko posameznik dvigne enkrat pri določeni vaji, torej težo bremena, ki se še lahko premaga (Stepišnik Krašovec, 2016). Količina vadbe je opredeljena s številom ponovitev, serij, vadbenih ur in vaj (Petrović idr., 2005). Potrebno je vzpostaviti ravnovesje med pogostostjo vadbe, številom serij in ponovitev ter težo bremena (Majerle, 2002a).

Najpomembnejša je pravilna tehnika izvajanja vaj ter občutenje, kako mišice delujejo in šele, ko se to osvoji, se lahko prične s povečevanjem teže bremena (Majerle, 2002a). Najprej pride do živčne prilagoditve – vključevanje večjega števila motoričnih enot ter boljša mišična in medmišična koordinacija, zato se moč izboljša že po nekaj začetnih treningih, še preden pride do sprememb v mišični strukturi (Maughan in Shirreffs, 2015; Petrović idr., 2005). Poleg izvedbe in izbora vaj je pomembno tudi zaporedje vaj v vadbenem programu – začeti je potrebno z vajami za največje mišične skupine (noge, hrbet), ker zahtevajo največ energije, ki jo je na začetku vadbe največ. Med izvajanjem vaj ni priporočljivo zadrževati diha, ampak je

potrebno vdihniti pri vračanju v začetni položaj, izdihniti pa ob najtežjem delu vaje (Majerle, 2002a).

Za hipertrofijo je potrebnih 8 – 12 tednov, vaje pa morajo stimulirati čim večje število mišičnih vlaken, kar pomeni večji hormonski odziv, ki sproži rast mišic (Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). Zaradi tega je ključen poudarek na osnovnih vajah, kjer je aktivnih več mišičnih skupin hkrati (potisk s prsi, počep), saj stimulirajo največje število mišičnih vlaken v enem gibu in so zato najbolj učinkovite za pridobitev mišične mase, medtem ko so izolacijske vaje manj učinkovite (Bean, 2013; Petrović idr., 2005). Vadba mora biti progresivna, saj se telo hitro prilagaja na intenzivnost obremenitve, zato je potrebno na vsake 3 – 4 tedne obremenitve postopoma povečevati (Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). V nasprotnem primeru pride do platoja in adaptacije, zaradi česar pri enaki obremenitvi ne prihaja več do napredka (Stepišnik Krašovec, 2015). Mišico je potrebno vedno znova šokirati, kar pomeni, da je potrebno zamenjati trening, ko se telo nanj popolnoma prilagodi, to je po 8 – 12 tednih. Potrebna je tudi spremenljivost v metodah treninga tako, da se celo leto ne uporablja samo ene metode (npr. metode hipertrofije), spreminjati pa je potrebno tudi količino treninga, saj več treninga ni nujno bolje – znotraj obdobja močnejšega treninga je potrebno imeti kakšen manj naporen teden, kar je na dolgi rok ključno in poveča učinkovitost treninga (Lipovšek, 2013).

Večina vaj za moč vključuje koncentrične in ekscentrične mišične kontrakcije, ekscentrične pa so močnejši dražljaj za živčno-mišične prilagoditve na vadbo (Howatson idr., 2012). Pri koncentrični kontrakciji se mišica krajša in krči, ekscentrična pa nastaja, ko je zunanja sila večja od tiste, ki jo proizvaja mišica, zato se mišica razteza, kar pri velikih obremenitvah, ki so značilne za vadbo hipertrofije, povzroča z vadbo povzročeno mišično poškodbo (angl. »exercise-induced muscle damage« – v nadaljevanju EIMD), ki zmanjša mišično funkcijo in sposobnost visoko intenzivne vadbe v naslednjih nekaj dneh (Howatson idr., 2012; Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). Te mikropoškodbe vodijo do vnetja in oteklina, kar je mogoče občutiti kot bolečino v mišicah, ki je lahko prisotna še nekaj dni po vadbi, so pa tudi pomembna stimulacija za rast mišic in so zato potrebne za hipertrofijo (Stepišnik Krašovec, 2015).

1.4.1 Metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj

Metode vadbe za moč, ki povzročajo hipertrofijo, se imenujejo metode ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprežanj, pri katerih se uporabljajo submaksimalna (srednje težka) bremena. To so bremena, ki jih je možno premagati 8 – 12-krat, za njih pa je značilna intenzivnost oz. teža 70 – 85 % 1RM (Stepišnik Krašovec, 2015). Mišična vlakna namreč rastejo in pridobivajo moč, kadar se upirajo velikemu bremenu (Majerle, 2002a). Cilj teh metod je dovolj velika aktivacija mišičnih vlaken in njihovo izčrpanje (Stepišnik Krašovec, 2015). Dodatno izčrpanje se doseže z večjim številom serij (4 – 8) in krajšimi odmori med serijami (60 – 90 sekund), s čimer se mišico spodbudi k maksimalni rasti (Majerle, 2002a; Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). V uporabi je ločen način treninga, ker omogoči intenziven trening in zadosten počitek, saj je vadba za hipertrofijo zelo naporna, zato

regeneracija traja dlje časa (Petrović idr., 2005). Zaradi izčrpanosti mišice je potrebnega 48 – 72 ur počitka med dvema treningoma istih mišičnih skupin (Stepišnik Krašovec, 2015). Največkrat se uporablja dvojni ločen sistem, pri katerem se delijo vadbene enote na zgornji in spodnji del telesa, ter deljeni ločen sistem, kjer gre za delitev po mišičnih skupinah (Petrović idr., 2005). Ena vadbena enota vsebuje vaje za največ 2 – 3 mišične skupine ter 3 – 5 vaj za vsako mišično skupino (Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). Vaje je potrebno izvajati kontrolirano in počasi, ponovitev pa naj bo tekoča, pri čemer je poudarek na koncentričnem delu, ki traja približno 1 sekundo, ekscentrični pa približno 2 sekundi (Majerle, 2002a ; Petrović idr., 2005; Stepišnik Krašovec, 2015). Pomembni so počasni prehodi v koncentrično naprežanje, brez vmesnega počitka med izvajanjem ponovitev (Stepišnik Krašovec, 2015). Hitro izvajanje vaj ne vodi do boljše izgradnje mišične mase, lahko pa pripelje do poškodb (Majerle, 2002a).

1.5 Vpliv vadbe za moč na presnovo beljakovin

Beljakovine so v telesu ves čas v procesu razgradnje (katabolizem) in sinteze (anabolizem), značilen odziv telesa na vadbo pa je sprememba razmerja med njima (Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2017). Kratkotrajnemu povečanemu katabolizmu med vadbo in takoj po njej sledi dolgotrajnejši povečan anabolizem (regeneracija, superkompenzacija) (Dervišević in Vidmar, 2011). Katabolna faza se odraža na mikropoškodbah mišičnih struktur in razgradnji v mišicah shranjenih AK, ki se v večji meri uporabijo kot dodaten vir energije med vadbo in energija za odstranitev odpadnih snovi, ki se kopičijo med vadbo v mišicah, v manjši meri pa za obnovo mišičnega tkiva in zapolnitev med vadbo izčrpanih glikogenskih zalog (Bertalanich, 2002; Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2017). Endogena razgradnja je torej glavni vir AK med vadbo, manjši del pa predstavljajo proste AK v mišicah in plazmi ter prehranske beljakovine. V mišicah je največ glutamina, sledi glutamat in nato alanin, vse tri pa imajo pomembno vlogo pri oksidaciji AK v mišicah in jetrih, med vadbo pa se v mišicah v največji meri oksidirajo BCAA. Povečana razgradnja in zmanjšana sinteza sta med vadbo prisotni predvsem v mišicah, ki so manj vključene v gibanje, v tistih, ki primarno sodelujejo pri gibanju, pa razgradnja ni izraziteje prisotna in ne doseže nivoja kontraktilnih beljakovin (Lipovšek, 2013). Telo se na vadbo prilagodi tako, da porablja beljakovine bolj varčno in učinkovito, pri čemer pride do manjše razgradnje in izgube beljakovin (Kristan, 2014). Kljub vsemu pa AK med vadbo praviloma niso pomemben vir energije. Razgradnja beljakovin med vadbo poteka vedno sočasno s presnovo OH in maščob, saj telo vedno sočasno porablja vse energijske vire, razlikujejo se le njihovi deleži, ki so odvisni od vrste vadbe in prehranjevalnih navad. Torej je katabolizem beljakovin prisoten tudi pri anaerobnih kratkih in visoko intenzivnih naporih in ne le pri aerobnih (Lipovšek, 2013).

Katabolni fazi sledi anabolna faza, v kateri pride do povečane sinteze mišičnih beljakovin, do katere pride šele 4 ure po vadbi, povišana pa je še naslednjih 24, lahko tudi do 48 ur po vadbi (Apró in Blomstrand, 2010; Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2017). Sinteza je večja v mišicah, ki so bile med vadbo najbolj obremenjene, manjša pa je v manj obremenjenih mišicah, kar omogoča, da telo čim več razpoložljivih AK usmeri v obnovo bolj obremenjenih mišic.

Sinteza je veliko bolj izrazita v hitrih mišičnih vlaknih, na razmerje med razgradnjo in sintezo pa vpliva še intenzivnost vadbe. Pri srednje intenzivni vadbi za moč sinteza beljakovin ni bistveno večja ali pa je enaka razgradnji, medtem ko se pri intenzivni vadbi povečata tako sinteza kot razgradnja, vendar je sinteza večja, zato je končni efekt anabolen (Lipovšek, 2013). Da pride do hipertrofije, mora mišična sinteza presegati razgradnjo, ključni dejavnik pri tem pa je razpoložljivost AK (Coburn idr., 2006). Ker vadba za moč poveča sintezo in razgradnjo beljakovin, pride ob nezadostnem vnosu beljakovin oz. AK do počasnejšega napredka ali celo do izgube mišične mase (Bean, 2013; Devries in Phillips, 2015). Po vadbi pride do pomembnega znižanja serumskih AK, predvsem levcina in izlovecina, dodajanje levcina in drugih AK pa to znižanje prepreči in poveča razpoložljivost AK mišicam (Coburn idr., 2006). Ta učinek je večji pri dodajanju takoj po vadbi, saj pride takrat do sinergističnega učinka vadbe in beljakovin, kar ima za posledico največjo stimulacijo sinteze mišičnih beljakovin in zaustavitev njihove razgradnje (Coburn idr., 2006; Devries in Phillips, 2015).

Sinteza in razgradnja mišičnih beljakovin se na raven v mirovanju vrneta običajno 48 ur po visoko intenzivni vadbi (Kristan, 2014). Ko je sinteza beljakovin končana in so proste AK obnovljene, se dodatne AK razgradijo za potrebe energije ali pa se shranijo kot maščobne zaloge, v veliko manjši meri pa kot glikogen (Lipovšek, 2013).

1.6 Prehrana za pridobivanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč

Športno aktivnost spremlja povečana izguba energije, tekočine, vitaminov in mineralov, zato so potrebe športnikov po njih povečane in morajo vnos hrane in tekočine prilagajati porabi (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014). Bistvo športne prehrane je tako nadomeščanje vsega, kar je bilo izgubljeno med vadbo, kar je pogoj za uspešno regeneracijo (Dervišević in Vidmar, 2011). Ker je pri vadbi za moč v ospredju težnja po čim boljši regeneraciji mišičnih vlaken, je poleg pokrivanja energijskih potreb osnovni cilj prehrane zagotavljanje zadostnega materiala za regeneracijo, zato imajo največji pomen beljakovine (Lipovšek, 2013).

Za hipertrofijo je pravilna prehrana ključnega pomena, saj ob neustreznem vnosu hranil in energije ne pride do pričakovanega napredka (Dervišević in Vidmar, 2011; Otoničar, 2013; Stepšnik Krašovec, 2015). Potreben je zadosten vnos energije in živil, ki preprečujejo razgradnjo in omogočajo sintezo mišičnega tkiva. Količina beljakovin ne sme biti večja od njihove porabe za rast in razvoj, količina OH dovolj velika, da pri premagovanju velikih naporov ne prihaja do katabolnih procesov, količina esencialnih MK pa tolikšna, da zadovoljijo zahteve organizma (Kristan, 2014). Priporočljiva je visoko OH prehrana ob zmerni količini maščob in priporočeni količini beljakovin z visoko biološko vrednostjo (Dervišević in Vidmar, 2011). Strategija hranjenja mora biti zato natančno načrtovana, pri čemer ima poleg ustreznega energijskega in hranilnega vnosa pomembno vlogo še število dnevnih obrokov in urnik prehranjevanja glede na čas in trajanje športne aktivnosti, ki pomeni kdaj, kaj in koliko zaužiti tekom dneva za optimalno zmogljivost ob čim manjšem obremenjevanju s prebavo, vse skupaj pa je potrebno razporediti glede na urnik in ritem življenja (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013; Otoničar, 2013). Poleg tega je potrebna še skrb za kakovost prehrane (Dervišević in Vidmar, 2011). Nezadosten

energijski vnos, napačen urnik prehranjevanja in premajhno število obrokov povzročajo katabolne procese, ti pa vodijo v zmanjšanje mišične mase, ki je glavni potrošnik energije, s čimer poskuša organizem izničiti primanjkljaj energije (Kristan, 2014).

1.6.1 Energijski vnos

Vadba poveča potrebe po energiji direktno – poraba energije je povečana še nekaj ur po intenzivni vadbi, in indirektno – preko povečanja puste TM, ki je velik porabnik energije, ter preko povzročitve mišične mikro poškodbe, ki za popravilo zahteva energijo (Manore in Thompson, 2015). Za hipertrofijo je potrebno stopnji bazalnega metabolizma (angl. »basal metabolic rate« – v nadaljevanju BMR), ki označuje porabo energije v mirovanju, prišteti energijo za delo, vadbo ter energijo za regeneracijo in mišično rast (Krumpak, 2002). Ob nezadostnem energijskem vnosu telo ne bo gradilo novih mišičnih vlaken, saj bo energijo porabilo za vzdrževanje fizioloških funkcij (Lipovšek, 2013).

Za optimalno pridobivanje mišične mase je potrebno biti v pozitivnem energijskem ravnovesju, kar pomeni 10 – 20 % oz. 500 kcal večji vnos od dejanske porabe, to je 44 – 50 kcal/kg TM/dan, s čimer se je mogoče izogniti pridobivanju preveč maščobnih zalog ob zadostni količini energije za obnovo in rast (Bean, 2013; Lipovšek, 2013; Stark, Lukaszuk, Prawitz in Salacinski, 2012). Posamezniki, ki težje pridobivajo TM, morajo vnos povečati tudi za 1000 kcal. Vnos je potrebno povečevati postopno po 200 kcal na teden ali dva, dodatne kcal pa morajo priti iz uravnoteženega razmerja med OH, beljakovinami in maščobami (Bean, 2013). Doseganje tako visokega energijskega vnosa je lahko težavno, saj pogosti ali dolgi treningi zmanjšajo priložnost za obroke, intenzivni treningi pa zmanjšajo apetit, zato je v tem primeru potrebno uvesti energijsko goste prigrizke in pijače ter se osredotočiti na pogoste obroke (Moore idr., 2015).

1.6.2 Makrohranila

Potrebno je ustrezno razmerje med makrohranili. OH in beljakovine se ne pretvorijo zlahka v telesno maščobo, sorazmerno s povečanim vnosom se namreč poveča tudi njihova oksidacija, povečan vnos maščob pa ne povzroči takojšnje stimulacije njihove oksidacije, kar poveča možnost, da se bo presežek shranil v obliki podkožne maščobe. Zaradi tega vrsta zaužite hrane pomembno vpliva na količino zaužite in porabljene energije ter s tem na TM in sestavo (Manore in Thompson, 2015).

Ogljikovi hidrati

OH so glavni vir energije za vadbo, zato so dnevne potrebe športnikov po njih povečane (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011). Njihov zadosten vnos je nujen, saj zagotavljajo polnjenje glikogenskih zalog, ki so pri vadbi za moč poleg CrP ključne za zagotavljanje energije za mišično krčenje, poleg tega pa ob nezadostnem vnosu pride do povečane razgradnje mišičnih beljakovin med vadbo, kar je pri pridobivanju mišične mase v nasprotju s cilji (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013).

Glikogen je energijska rezerva, sestavljena iz verige glukoznih enot, shranjena v jetrih (30 %) in mišicah (70 %) (Dervišević in Vidmar, 2011). Za pretvorbo glukoze v glikogen je odgovoren inzulin, katerega sproščanje stimulirajo OH, in je najpomembnejši hormon pri presnovi OH (Bertalanič, 2002; Dervišević in Vidmar, 2011). Jetrni glikogen je pomemben predvsem za vzdrževanje konstantne ravni glukoze v krvi, potrebne za normalno delovanje centralnega živčevja in optimalno izvajanje telesnih aktivnosti. V mišicah je 350 – 400 g glikogena, kar ni veliko v primerjavi z zalogami telesne maščobe, njegova količina pa se spreminja glede na stanje treniranosti (volumen mišic) in trajanje športne aktivnosti (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Mišični glikogen lahko kot vir energije uporabljajo samo mišična vlakna, jetrni pa je na voljo celotnemu telesu, vendar se mora najprej razgraditi do glukoze, ki se nato po krvi prenese do tistih delov telesa, ki jo potrebujejo, zato je mišični glikogen primarni vir energije za mišice (Lipovšek, 2013).

Med visoko intenzivno anaerobno aktivnostjo se mišični glikogen lahko porabi že v 30 – 45 minutah, nato vse pomembnejši energijski vir postajajo mišične beljakovine, s podaljševanjem vadbe pa tudi proste MK, ki pa na splošno pri vadbi za moč niso pomemben vir energije, pomembnejše so pri aktivnostih nižje intenzivnosti (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011). Večja ko je zaloga glikogena v mišicah pred vadbo, dlje časa je možno vzdrževati intenzivnost vadbe in kasneje nastopi utrujenost, zato je po vadbi prva skrb čim hitrejša in popolnejša zapolnitev glikogenskih zalog ter s tem priprava na novo aktivnost, kar je možno s pravilnim načinom prehranjevanja (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014). Pravilen postopek zapolnitve glikogenskih zalog lahko skoraj podvoji količino glikogena, čas, ki je potreben za zapolnitev, pa je odvisen od stopnje izpraznitve, obsega mišične poškodbe, stopnje treniranosti ter zaužitih OH (Bean, 2013; Burke, 2015; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Bolj ko so glikogenske zaloge izčrpane – večja ko je intenzivnost oz. trajanje aktivnosti, več časa bo potrebnega za zapolnitev, sinteza pa bo hitrejša (Bean, 2013; Burke, 2015). Najhitreje se lahko zapolnijo v 20 urah, zapolnitev po dolgotrajni in izčrpavajoči vadbi pa lahko traja tudi 7 – 10 dni, saj mišična poškodba, povzročena z ekscentrično vadbo, upočasni njihovo polnjenje (Bean, 2013; Burke, 2015). Učinkovitost zapolnitve se povečuje s stopnjo treniranosti, s katero se poveča tudi kapaciteta shranjevanja glikogena – večji volumen mišic omogoča večjo možnost skladiščenja (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011).

Pri vnosu OH je pomembna vrsta, količina in čas vnosa (Lipovšek, 2013). Potreben je stalen in enakomeren dotok v več manjših obrokih, kar omogoča učinkovito izkoriščanje vnesenih OH z vzdrževanjem konstantnega nivoja inzulina v krvi, od katerega je odvisen encim, ki omogoča sintezo glikogena – glikogen sintaza (Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Nižji ko je glikemični indeks (v nadaljevanju GI), počasneje se OH absorbirajo in dajejo enakomernjši dotok energije preko daljšega časovnega obdobja, zato se razen med vadbo in takoj po njej, ko je potrebno uživanje OH z visokim GI, ki spodbudijo velik odziv inzulina ter hitreje preidejo v mišične celice in s tem vplivajo na trening in regeneracijo, priporoča uživanje OH z nižjim GI, ki omogočajo bolj stabilen nivo krvnega sladkorja in inzulina ter s tem učinkovito polnjenje glikogenskih zalog ob minimalnem kopičenju maščobnega tkiva (Bean, 2013;

Bertalanič, 2002; Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Majerle, 2002b). Za najhitrejšo sintezo glikogena je potrebno upoštevati zakonitosti pomembnih faz v urniku prehranjevanja (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011).

Lipovšek (2013) kot priporočen delež OH pri športih moči navaja 40 – 50 % dnevnega energijskega vnosa, vendar pa je lahko ta metoda zavajajoča, predvsem pri športnikih z zelo visokim ali nizkim energijskim vnosom, zato je potrebe po OH bolje izražati v g/kg TM/dan (Bean, 2013). Lipovšek (2013) pri vadbi za moč priporoča 3 – 8 g OH/kg TM/dan, večina ostalih avtorjev pa 5 – 7 g OH/kg TM/dan pri nizko do zmerno intenzivni vadbi, pri visoko intenzivni pa 7 – 10 g OH/kg TM/dan, takšna količina naj bi bila primerna tudi za optimalno polnjenje glikogenskih zalog v 24 urah po popolni izpraznitvi, po mišični poškodbi pa naj bo količina še večja (Bean, 2013; Burke, 2015; Dervišević in Vidmar, 2011; Otoničar, 2013).

Vlaknine omogočajo normalno delovanje prebavnega sistema, ki je ključno, da se hranila čim bolje prebavijo in absorbirajo (Lipovšek, 2013). Priporočena dnevna količina je 18 – 24 g/dan, čeprav je vnos navadno manjši (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011). Količino se lahko zmanjša v primeru ekstremno velikih energijskih zahtev, ko bi normalen vnos predstavljal obremenitev prebavil (Dervišević in Vidmar, 2011).

Maščobe

Maščobe pri športih moči kot vir energije nimajo posebne vloge (Kristan, 2014). Njihovo uživanje v večjih količinah se vsaj 3 ure pred vadbo in takoj po njej ne priporoča, ker se počasneje prebavljajo, kar lahko v primeru uživanja pred vadbo povzroči slabost, takoj po vadbi pa upočasnjuje absorpcijo pomembnih hranil (Lipovšek, 2013). Vseeno je potrebno zadostiti dnevnim potrebam, zato se priporoča uživanje do 1 g zdravih maščob/kg TM/dan (Otoničar, 2013). Priporočljiv delež maščob pri športih moči in pridobivanju mišične mase je 20 – 30 % dnevnega energijskega vnosa oz. preostanek kcal, ko so dosežene potrebe po OH in beljakovinah, več kot 30 % dnevnega energijskega vnosa pa ni priporočljivo, ker negativno vpliva na športno uspešnost (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Vsekakor pa delež maščob ne sme biti nižji od 10 %, saj bi to ogrozilo delovanje pomembnih bioloških funkcij, poleg tega pa so maščobe pomembne sestavine anabolnih hormonov, katerih sinteza je pri vadbi za moč močnejše izražena in so ključni pri izgradnji mišične mase (Lipovšek, 2013).

Bolj kot na količino se je potrebno osredotočiti na vrsto zaužitih maščob (Lipovšek, 2013). Nasičene MK, ki lahko služijo le kot energijski vir, naj predstavljajo čim manjši delež oz. manj kot 11 % dnevnega energijskega vnosa, saj ne le, da športnik ne potrebuje dodatnih zalog maščob, ampak lahko večji vnos poveča tveganje za kronične bolezni. Preostali delež naj predstavljajo nenasičene MK, ki so v telesu biološko bolj aktivne (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Posebej pomemben je zadosten vnos esencialnih omega-3 in omega-6 MK, ki jih telo nujno potrebuje, zato je potreben vnos s hrano (Lipovšek, 2013). Omega-3 MK so zelo pomembne v prehrani športnika, saj izboljšajo prenos kisika in hranil do celic, pospešujejo regeneracijo, spodbujajo anabolizem, zmanjšujejo togost v sklepih, bolečine in vnetja v

mišicah, ki so posledica vadbe, povečajo moč in izboljšajo vzdržljivost. Teh je potrebno zaužiti vsaj 0,2 % dnevnega energijskega vnosa, omega-6 pa naj predstavljajo vsaj 1 %, razmerje med omega-6 in omega-3 MK pa naj bo 5 : 1 ali manjše (Bean, 2013). Nenasičenim trans MK se je potrebno čim bolj izogniti, saj imajo še večji negativni vpliv na zdravje kot nasičene MK (Lipovšek, 2013).

Beljakovine

Potrebe športnikov po beljakovinah so povečane zaradi povečane razgradnje med vadbo in takoj po njej, za popravilo in rast mišic po vadbi ter vzdrževanje puste TM, vendar pa je bolj kot količina pomembna časovna in količinska razporeditev vnosa beljakovin preko dneva ter tip beljakovin, odločilna pa je tudi njihova kvaliteta, ki vključuje prebavljivost, AK sestavo in razpoložljivost (Bean, 2013; Devries in Phillips, 2015; Dideriksen, Reitelseder in Holm, 2013; Kristan, 2014; Moore idr., 2015; Rotovnik Kozjek, 2004).

Najpomembneje je, da je vnos beljakovin enakomerno razporejen preko dneva v več manjših obrokih (idealno na vsake 2,5 – 3,5 ure), s čimer se vzdržuje pozitivno dušikovo bilanco, kar je ključnega pomena za uspešno rast mišic (Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2017). Priporoča se 20 – 25 g beljakovin pri vsakem glavnem obroku, če so dnevne potrebe večje, pa se je potrebno beljakovine enakomerno razdeliti med 4 – 6 obrokov, s čimer se zagotovi konstanten vnos zmernih količin beljakovin v rednih intervalih v času regeneracije, ki je pomemben, ker jih telo ne more shranjevati, sinteza pa je povečana več ur, lahko celo do dva dni po vadbi (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Povečanje mišične beljakovinske sinteze je posledica vsebnosti esencialnih AK v zaužitem viru beljakovin, ki povečajo neto beljakovinsko bilanco preko spodbujanja beljakovinske sinteze, bolj kot preko zaviranja razgradnje, kar nakazuje na to, da je beljakovinsko sintezo mogoče bolje regulirati in je tako pomembnejša pri preoblikovanju mišic z vadbo (Moore idr., 2015). Do največje sinteze pride, ko so beljakovine zaužite do največ 45 minut po vadbi, mišice pa so občutljive za privzem AK še 2 uri po vadbi (Bean, 2013; Devries in Phillips, 2015; Phillips in Van Loon, 2011). Čeprav jih je najbolje zaužiti čim prej po vadbi, beljakovine zaužite do 24 ur po vadbi prav tako prispevajo k povečanemu preoblikovanju mišic (Moore idr., 2015). Anabolni učinek je mogoče zaznati že pri zaužitju 10 g beljakovin po vadbi, za maksimalni učinek pa je potrebno zaužiti 20 – 25 g oz. 0,25 g/kg TM kvalitetnih beljakovin ali 10 g esencialnih AK po vadbi, pomemben pa je tudi tip zaužitih beljakovin – za optimalno regeneracijo se priporoča vnos visoko kakovostnih beljakovin, ki se hitro absorbirajo (npr. sirotkine beljakovine) (Bean, 2013; Moore idr., 2015; Pasiakos, 2012; Phillips in Van Loon, 2011). Podvojen vnos nima dodatnih pozitivnih učinkov na mišično beljakovinsko sintezo (Moore idr., 2015). Za hipertrofijo je razporeditev vnosa beljakovin in njihova količina v vsakem obroku pomembnejša kot zaužitje ustrezne količine beljakovin takoj po vadbi. Vnos 20 g beljakovin vsake 3 ure 12 ur po vadbi pripomore k večji sintezi beljakovin kot enaka količina, razdeljena na obroke po 10 g beljakovin na vsake 1,5 ure ali po 40 g beljakovin na vsakih 6 ur (Moore idr., 2015). Zelo pomemben je vnos beljakovin pred nočnim spanjem, ko je telo 6 – 9 ur brez vnosa beljakovin. Takrat se priporoča vnos beljakovin, ki se počasneje razgrajujejo (kazein). Beljakovine,

vnesene tik pred spanjem, se v času spanja prebavijo in stimulirajo mišično beljakovinsko sintezo, kar pozitivno vpliva na mišično maso (Podlogar idr., 2017).

Zaužite beljakovine naj bodo iz najkakovostnejših virov, pri čemer je pomembna visoka biološka vrednost, ki pomeni visoko vsebnost esencialnih AK, najpomembnejša pa je skupna količina zaužitega levčina v obroku (vsaj 3 g/obrok), ki je ključen stimulator mišične beljakovinske sinteze (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2007). Najboljši viri so beljakovine živalskega izvora (mlečni izdelki, jajca, ribe in meso), saj imajo visoko biološko vrednost in vsebujejo vse AK, so bolj prebavljive z večjim izkoristkom AK ter v večini primerov na 100 g živila vsebujejo več beljakovin kot rastline, zato bi morale predstavljati vsaj tretjino dnevno zaužitih beljakovin (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Najvišjo biološko vrednost imajo sirotkine beljakovine, ki so lahko prebavljive in so najprimernejši tip beljakovin za zaužitje po vadbi, saj se hitro absorbirajo, kar ima za posledico večjo sintezo mišičnih beljakovin, ki pa je tudi posledica visoke vsebnosti levčina (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011). So najučinkovitejše beljakovine za stimulacijo mišične rasti, ker povzročijo najhitrejši porast levčina v krvi (Bean, 2013). Beljakovine rastlinskega izvora (žita in stročnice) imajo nižjo biološko vrednost in večinoma ne vsebujejo vseh AK, zato je za zadostitev potreb po vseh esencialnih AK potrebno njihovo kombiniranje (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014). Izjema so kvinoja in sojine beljakovine, ki imajo najvišjo biološko vrednost med rastlinskimi viri in se lahko po kvaliteti primerjajo z beljakovinami živalskega izvora, vendar so rastlinske beljakovine zaradi vlaknin in celuloznega ovoja pri prebavi težje dostopne snovem, ki jih razgrajujejo (Dervišević in Vidmar, 2011; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013).

Priporočila glede dnevnega vnosa beljakovin pri vadbi za moč se med različnimi viri zelo razlikujejo. Konvencionalne smernice priporočajo 1,2 – 1,7 g beljakovin/kg TM/dan, vendar je priporočilo nastalo na podlagi analiz dušikovega razmerja, ki ima kar nekaj pomanjkljivosti in podcenjuje dejanske potrebe (Bean, 2013; Podlogar idr., 2017; Pokorn, 1998). Novejše raziskave, ki so uporabile novejšo in natančnejšo metodologijo, ugotavljajo večje potrebe po beljakovinah (Podlogar idr., 2017). Večina priporočil je v razponu 1,2 – 2,2 g/kg TM/dan (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013; Kovačič, 2015; Kozjek, 2004; Otoničar, 2013; Stark idr., 2012). Lipovšek (2013) meni, da je vnos 1,4 g beljakovin/kg TM/dan najnižji zadosten vnos za kogarkoli, ki trenira 5-krat tedensko po eno uro ali več.

Višji vnos od potrebnega (nad 2 – 2,5 g/kg TM/dan) ne poveča več sinteze beljakovin v telesu, ampak oksidacijo AK in tako ne vpliva na večje pridobivanje mišične mase (Bean, 2013; Duh, 2013; Kozjek, 2004; Kreider, 1999; Pokorn, 1998). Lipovšek (2013) navaja, da lahko prekomeren vnos beljakovin ob močni vadbi celo zavre sintezo beljakovin in s tem mišično rast zaradi energijske potrate kot posledice razgradnje odvečnih AK, ki naj bi zmanjšale tudi dostopnost določenih drugih AK, visoko beljakovinska hrana pa naj bi zmanjšala nivo inzulina do te mere, da se izgubijo njegovi anabolni učinki. Poleg tega se telo po določenem času navadi na določeno količino prehranskih beljakovin, kar onemogoči učinkovit anabolizem v prihodnosti (Lipovšek, 2013). Pojavlja se veliko opozoril o

nevarnostih previsokega vnosa beljakovin (nad 3 g/kg TM/dan), ki naj bi bil povezan z zdravstvenimi težavami, kot so obremenitev presnove, povečano izločanje vode, sečnine in kalcija, hipertrofija jeter in ledvic, zmanjšana kostna gostota ter povečana poraba energije zaradi specifičnega delovanja hranil (Dervišević in Vidmar, 2011; Duh, 2013; Lipovšek, 2013; Majerle, 2002b; Podlogar idr., 2017; Pokorn, 1998). Številne raziskave to teorijo sicer zavračajo, saj ni dokazov, da je visok vnos pri zdravi populaciji problematičen (Bean, 2013; Moore idr., 2015; Podlogar idr., 2017). Previsok vnos je lahko pri športniku problematičen iz vidika, da beljakovine nadomestijo ostala hranila, ki so pomembna za vadbo, povečajo stroške hrane in ustvarijo kislo okolje v telesu, ki lahko ima negativne presnovne posledice, kar pa je mogoče rešiti z visokim vnosom zelenjave in sadja (Moore idr., 2015). Po drugi strani lahko prenizek vnos beljakovin privede do utrujenosti, pretreniranosti, počasnejše regeneracije in celjenja poškodb ter zmanjšane imunske odpornosti (Majerle, 2002b).

1.6.3 Tekočina

Povečano delovanje metabolizma med vadbo povzroči povišanje telesne temperature, zato se telo ohlaja z znojenjem, ki lahko privede do dehidracije (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011). Ta na anaerobno vadbo nima posebnega vpliva, vpliva pa na regeneracijo (Dervišević in Vidmar, 2011; Mrak, 2002). Kljub temu pa lahko izguba tekočine nad 3 % TM zmanjša kontraktilno moč in hitrost krčenja mišičnih vlaken (Lipovšek, 2013).

Športnikove dnevne potrebe po tekočini so povečane in znašajo 1 – 1,5 ml/kcal/dan. Potrebno jo je vnašati redno v manjših količinah (vsaj 1 kozarec na uro), saj telo ni sposobno absorbirati prevelike količine vode naenkrat (Lipovšek, 2013). Zelo pomembna je zadostna hidracija pred vadbo (2 – 5 dl tekočine 15 – 30 minut prej), med vadbo pa se priporoča uživanje tekočine po občutku žeje (1 – 2 dl tekočine na 10 – 20 minut) (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Duh, 2013; Majerle, 2002a).

1.6.4 Mikrohranila

Intenzivna aktivnost poveča potrebe po številnih vitaminih in mineralih zaradi pospešene presnove in povečanega znojenja, predvsem po tistih, ki so vključeni v energijski metabolizem, rast in popravilo tkiv, proizvodnjo rdečih krvnih celic in obrambo pred prostimi radikali, vendar pa ob uravnoteženi prehrani, razen v izjemnih primerih, kamor spada tudi ekstremno velik energijski vnos z namenom pridobivanja TM, dopolnjevanje ni potrebno (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Duh, 2013; Lipovšek, 2013). Že majhno pomanjkanje določenega mikrohranila negativno vpliva na zdravje in s tem na športno uspešnost, po drugi strani pa tudi presežek, ki je pri športnikih pogostejši kot pomanjkanje zaradi prekomerne rabe prehranskih dopolnil, negativno vpliva na zdravje in zmogljivost (Dervišević in Vidmar, 2011; Fogelholm, 2015; Lipovšek, 2013).

Zaradi povečane tvorbe prostih radikalov v mišici med intenzivno vadbo, ki nastajajo zaradi povečane presnove in porabe kisika, mišične poškodbe, povečane proizvodnje mlečne kisline in toplote ter razgradnje hemoglobina, je zelo pomemben zadosten vnos antioksidantov, ki

nevtralizirajo proste radikale, odgovorne za mišično bolečino, oteklino, nelagodje in utrujenost po vadbi, ter izničijo njihovo škodljivo delovanje na celice (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Fogelholm, 2015; Lipovšek, 2013). Dopolnjevanje ob raznoliki zdravi prehrani in primerni telesni aktivnosti naj ne bi bilo potrebno (Dervišević in Vidmar, 2011). Oksidativni stres je lahko namreč tudi koristen za mišično prilagoditev na vadbo, poleg tega pa imajo športniki bolj razvit endogeni antioksidativni sistem, zato njihove potrebe po antioksidantih niso zelo povišane (Bean, 2013; Fogelholm, 2015; Lipovšek, 2013).

1.6.5 Število in časovni razmik med obroki

Zagotoviti je potrebno enakomeren dotok hranil v obliki 5 – 6 dnevnih obrokov na vsake 2 – 4 oz. 2,5 – 3,5 ure, kar je povezano z manjšo maščobno in večjo mišično maso v primerjavi z uživanjem manj večjih obrokov (Bean, 2013; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013; Otoničar, 2013). Daljši časovni intervali med obroki povzročajo razgradnjo beljakovin in upočasnijo shranjevanje glikogena, zato se je potrebno izogibati večjim, nerednim obrokom ali obrokom z visokim GI, ki povzročijo večja nihanja krvnega sladkorja in inzulina ter tako zmanjšajo shranjevanje glikogena (Bean, 2013). Veliki obroki obremenijo prebavni sistem, kar pomeni slabšo absorpcijo, prebava večjih količin hrane pa zahteva dodatno energijo in čas, kar pomeni slabšo ali daljšo regeneracijo. Z uživanjem več manjših obrokov pa telo nenehno dobiva material za obnovo, ki ga lahko učinkovito in hitro razgradi ter absorbira, brez potrebne dodatne energije in večjih časovnih lukenj, v katerih bi prišlo do katabolizma, s čimer se izboljša in pospeši regeneracija, zaradi boljšega izkoristka hranil pa se zmanjša tudi izgradnja maščobnih zalog (Lipovšek, 2013).

1.6.6 Urnik prehranjevanja

Urnik prehranjevanja je izredno pomemben. Če je ta napačen, se lahko ne le izgubi pozitivne učinke hranil, ampak se doseže celo negativen učinek, zato je glede na lastnosti hranil, zahteve vadbe in urnik športnika potrebno načrtovati prehranjevanje tako, da se popolnoma podpre trening in regeneracijo (Lipovšek, 2013).

Upoštevati je potrebno ključna obdobja za vnos hranil, to je pred, med vadbo in po njej, kar pripomore k vzdrževanju ravni krvnega sladkorja med vadbo, boljši izvedbi vadbe in regeneraciji, ter ključne dejavnike prehrane pred vadbo in po njej, in sicer čas med zaužito hrano in vadbo, razmerje med makrohranili in energijsko vrednost obroka (Bertalanič, 2002; Otoničar, 2013). Obilnejši obrok pretežno iz kompleksnih OH in beljakovin, se priporoča 2 – 4 ure pred vadbo, kar omogoča, da so zgodnje prebavne faze zaključene in glikogenske zaloge optimalne, namreč če se hrana nahaja v prebavilih med vadbo, prebava ne bo optimalna, ker bo kri preusmerjena v mišice, poleg tega pa lahko pride tudi do vrtoglavice, pospešenega srčnega utripa, zaspanosti, občutka nelagodja in zmanjšane koncentracije med vadbo (Bean, 2013; Bertalanič, 2002; Duh, 2013). Bližje ko je vadba, manjši naj bo obrok. Tako se 1 – 2 uri pred vadbo ne priporoča večji obrok, ampak le prigrizek. Predolg interval med obrokom in vadbo lahko poveča tveganje za hipoglikemijo, kar prav tako negativno vpliva na izvedbo vadbe (Bean, 2013).

Lipovšek (2013) deli obdobje 24 ur glede na značilnosti izmenjave katabolne in anabolne faze na 3 faze:

- **energijska faza:** je čas 30 – 60 minut pred vadbo do konca vadbe. Zaloge ATP so izpraznjene, mišični glikogen je delno izpraznjen, pretok krvi skozi mišice, nivo kortizola, razgradnja beljakovin, poškodbe mišic in izguba tekočine so povišani, nivo inzulina znižan, imunski sistem je oslabljen, akutni protivnetni odziv pa spodbujen (Lipovšek, 2013). Pred vadbo se lahko vnese nekaj hranil za podporo treningu, predvsem OH, ki pozitivno vplivajo na zaloge glikogena in zmanjšajo možnost pojava zgodnje utrujenosti, z malo beljakovin in brez maščob, ker otežijo prebavo (Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Namesto beljakovin se lahko pred vadbo zaužijejo AK v obliki prehranskih dopolnil, ki ne povzročajo prebavnih težav, kar naj bi povzročilo višji dvig testosterona po vadbi in zmanjševalo utrujenost med vadbo, vnos pred ali med vadbo naj bi imel antikatabolne učinke (z nižanjem nivoja kortizola med vadbo) in naj bi vplival na povečano sintezo beljakovin po vadbi (Lipovšek, 2013). Rotovnik Kozjek (2004) pred vadbo priporoča 3 – 6 g esencialnih AK oz. 10 – 20 g kvalitetnih beljakovin v kombinaciji z 1 g/kg TM OH. Za optimalni anabolni učinek se priporoča razmerje med OH in beljakovinami 3 : 1 ali 4 : 1 (Dervišević in Vidmar, 2011). Novejše raziskave niso mogle dokazati, da je beljakovinska bilanca v mišicah večja pri vnosu AK pred vadbo v primerjavi z vnosom takoj po vadbi, kot je bilo ugotovljeno v preteklosti. Če vadba traja 1 uro ali manj, bodo AK, zaužite pred vadbo, olajšale preoblikovanje mišičnih beljakovin takoj po vadbi zaradi časa, ki je potreben za prebavo. Uživanje med vadbo je pomembno, ko vadba traja 1,5 ure ali več ali v primeru več treningov v dnevu, saj omeji uporabo endogenih AK kot vira energije. Kratki počitki med seti predstavljajo priložnost za začetek preoblikovanja mišic, zato vnos AK med dlje trajajočo vadbo proti uporabi povzroči povečanje sinteze beljakovin, med krajšo ali bolj intenzivno vadbo s krajšimi odmori med seti pa nima učinka, saj pride do preoblikovanja mišic šele po vadbi (Moore idr., 2015).

- **faza odprto okno:** je čas do 45 minut po vadbi, ki je najbolj ključen za optimalno regeneracijo. Stanje telesa je približno enako kot v energijski fazi, izpraznjene pa so še zaloge nekaterih esencialnih AK (glutamin in BCAA), v telesu je veliko prostih radikalov, ki napadajo mišična tkiva, akutni vnetni odgovor pa povzroča še dodatne poškodbe mišičnih membran. Prehod iz katabolnega v anabolno stanje se lahko pospeši z ustreznim izborom hranil, po vadbi je namreč še vedno povečan pretok krvi v mišicah in aktivnost glikogen sintaze ter občutljivost mišic na inzulin, kar pomaga pri uspešnejšem transportu hranil v mišice. Obnova glikogenskih zalog je v tej fazi najhitrejša, potrebno pa je vnesti 0,5 – 1,5 g/kg TM OH z visokim GI, kar vpliva na višji nivo inzulina v krvi, ki pripomore k povečanemu pretoku krvi skozi mišice, to pa pomeni večji dotok kisika in hranil ter učinkovitejše odplavljanje laktata in drugih presnovnih produktov, povečana občutljivost mišičnih membran na inzulin pa pomeni učinkovitejši transport glukoze v mišice in več materiala za obnovo glikogenskih zalog, ki jo višja aktivnost glikogen sintaze še pospeši (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Uživanje kombinacije OH in beljakovin je bolj učinkovito pri spodbujanju mišične rasti in sinteze glikogena kot uživanje OH ali beljakovin samih, saj stimulira večje sproščanje inzulina, ki poveča privzem glukoze in AK v mišične celice in s

tem spodbuja sintezo glikogena in beljakovin ter omili povečano sproščanje kortizola po vadbi, ki zavira sintezo in povečuje razgradnjo beljakovin (Bean, 2013; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Kljub temu pa so v zadnjem času ugotovili, da je učinek OH na stimulacijo mišične beljakovinske sinteze po vadbi majhen, kadar je vnos beljakovin oz. esencialnih AK visok (Moore idr., 2015). Ker je obnova beljakovin povišana šele 4 ure po vadbi in naslednjih 24 ur, se takoj po vadbi priporoča le 0,3 – 0,6 g beljakovin/kg TM oz. 10 – 20 g kvalitetnih beljakovin ali 3 – 6 g esencialnih AK, v poštev pa pride tudi dodajanje BCAA, glutamina in kreatina (Lipovšek, 2013; Rotovnik Kozjek, 2004). Najučinkovitejše razmerje med OH in beljakovinami je 4 : 1, lahko pa se uporabi tudi 3 : 1, 2 : 1 in 1 : 1 (Lipovšek, 2013). Beljakovine v tekoči obliki se najhitreje absorbirajo in omogočijo večjo sintezo mišičnih beljakovin, vnosa maščob in vlaknin pa se zaradi počasnejše prebave in nepomembnosti pri obnovi telesnih zalog ne priporoča (Lipovšek, 2013; Podlogar idr., 2007). Priporoča se vnos antioksidantov, ki preprečijo delovanje prostih radikalov, prvi korak takoj po vadbi pa je nadomeščanje izgubljenih tekočin, kar ima prednost pred hrano (Lipovšek, 2013).

- faza sinteze: je čas od 45 minut po vadbi do začetka prve faze naslednji dan, ki traja 18 – 20 ur. Telo vstopi v anabolno stanje, kjer poskuša vzpostaviti novo ravnovesje z obnovo tistega, kar je bilo porušeno v energijski fazi, in prilagoditvenimi procesi na vadbo. Cilj je vzdrževati anabolno stanje vse do popolne obnove. Deli se na dva dela, neupoštevanje njenih zakonitosti pa lahko ima za posledico slabšo regeneracijo in težave pri izgradnji mišične mase:

- Intenzivnejši del faze sinteze sledi fazi odprto okno in traja do 4 ure po vadbi. Tu je potrebno čim bolj dvigniti anabolno stanje. Obnova glikogena se rahlo upočasni, občutljivost mišic na inzulin in pretok krvi skozi mišice padeta na nivo v mirovanju, zato je potrebno zaužiti 0,5 – 1,5 g OH/kg TM s srednjim in nizkim GI za vzdrževanje konstantnega nivoja glukoze v krvi in njeno učinkovitejšo izrabo ter dovolj beljakovin (0,3 – 0,6 g /kg TM), saj njihova sinteza doseže vrh prav v tej fazi, razmerje med OH in beljakovinami pa naj bo med 3 : 1 in 4 : 1, kar bo še naprej podpiralo anabolno delovanje, beljakovine pa bodo pomagale vzdrževati pozitivno dušikovo bilanco. Potrebno je vključiti tudi maščobe v zmernih količinah, da ne upočasnijo absorpcije hranil, ter mikrohranila za podporo pri obnovi mikropoškodb ter boj proti prostim radikalom.
- Vzdrževalni del faze sinteze se začne 4 ure po vadbi in traja do naslednje energijske faze. Obnova glikogena postopno pade na vrednosti v mirovanju (Lipovšek, 2013). S pravo količino in vrsto OH ob pravem času se glikogenske zaloge v celoti obnovijo (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). 4 – 6 ur po vadbi se priporoča uživanje 0,5 – 1 g/kg TM OH z nizkim GI, nadaljnja količina, ki jo je potrebno razdeliti na več manjših obrokov, da se omogoči nenehen dotok hranil, pa je odvisna od posameznika in že zaužitih OH v 6 urah po vadbi (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Razmerje med OH in beljakovinami se določi individualno. Z rednim in zadostnim vnosom kakovostnih beljakovin se vzdržuje pozitivna dušikova bilanca, ki omogoči maksimalno sintezo beljakovin. V tej fazi se zaužije največ maščob, ne sme pa se pozabiti tudi na rehidracijo (Lipovšek, 2013).

1.7 Prehranska dopolnila za povečanje mišične mase

Industrija prehranskih dopolnil dosega v zadnjih letih enormno rast in je ena izmed najhitreje rastočih panog, kar dokazuje porast trgovin s športno prehrano (Podlogar idr., 2017). Trg je preplavljen s prehranskimi dopolnili za športnike, uporaba dopolnil pa je med njimi zelo razširjena, saj naj bi izboljšala funkcionalne, motorične sposobnosti in zdravje, nadomeščala izgubljene snovi, zmanjšala telesno maščobo in povečala mišično maso, število teh izdelkov pa iz leta v leto narašča (Bean, 2013; Burke in Cato, 2015; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). V zadnjem času so na popularnosti precej pridobila prehranska dopolnila za povečanje mišične mase, kar je verjetno reakcija na vse bolj popularne ideale mišičastega telesa (Clarkson in Rawson, 1999). Fitnes centri so pogosto trg za te izdelke, ki delujejo anabolno in zavirajo katabolizem beljakovin, njihovi obiskovalci pa pogosti uporabniki (Dervišević in Vidmar, 2011). Najpogosteje se uporabljajo posamezne AK ali njihove kombinacije (kreatin, glutamin, BCAA) in beljakovinski dodatki (koncentrati mlečnih, jajčnih in rastlinskih beljakovin), vendar pa vsa dopolnila za povečanje mišične mase (razen kreatina) spadajo v kategorijo potencialno učinkovitih, zato je potrebna kritičnost pri izbiri in uporabi (Bean, 2013; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013).

Uporaba prehranskih dopolnil lahko ob pravilni vadbi in ustrezni osnovni prehrani doprinese majhen delež h končnemu rezultatu, potrebno pa je zavedanje, da niso čudežni dodatek in nimajo zdravilnih, ampak le hranilne ali fiziološke učinke, zato je bistvena osredotočenost na uživanje navadne hrane, kar je običajno varneje, ceneje in bolj zdravo (Kristan, 2014; Lipovšek, 2013; Mori, 2013; Topole, 2013). Kljub temu so lahko dopolnila zelo uporabna predvsem pri zagotavljanju beljakovin pred in med vadbo ter po njej ali kot nadomestek obroka (Lipovšek, 2013; Mori, 2013). Prednost njihove uporabe je doseganje prehranskih ciljev (indirektni učinek na izboljšanje športnega uspeha) in ergogeni (direktni) učinek na izboljšanje športnega uspeha (Burke in Cato, 2015). Lahko imajo tudi močan placebo učinek, namreč če športnik verjame, da bo prehransko dopolnilo delovalo, potem mu bo do neke mere res pomagalo na fizičnem nivoju, npr. če verjame, da bo dopolnilo povečalo mišično maso, bo treniral močneje in bolj učinkovito (Clarkson in Rawson, 1999; Lipovšek, 2013). Slabost prehranskih dopolnil je visoka cena, stranski učinki, kontaminacija s prepovedanimi snovmi in preusmeritev od dejavnikov, ki dejansko izboljšujejo športni uspeh (Burke in Cato, 2015).

Ali bo prehransko dopolnilo delovalo in v kolikšni meri, je odvisno od številnih dejavnikov, kot so posameznikova biokemijska sestava, dejanske potrebe, čas in količina vnosa, vsak posameznik je namreč tako kompleksen sistem, da se ne more natančno določiti realnega doprinosu h končnemu rezultatu (Lipovšek, 2013). Potreba rekreativnih športnikov po prehranskih dopolnilih je odvisna od dnevnega ritma, časovne razpoložljivosti, števila vadbenih enot v dnevu in tednu, števila obveznosti in agresivnosti vadbe, zaradi priročnosti in enostavnosti uporabe lahko namreč nudijo bližnjico in podporo pri prehrani ter možnost doseganja ciljev hitreje in preprosteje (Glinšek, 2016; Mori, 2013; Petrović idr., 2005).

Zaradi premajhnega znanja o pravilni prehrani, agresivnosti marketinga ter nedorečene zakonodaje, ki omogoča nenadzorovano prodajo, obstaja možnost neoptimalne ali celo

škodljive uporabe prehranskih dopolnil (Dervišević in Vidmar, 2011). Pri izbiri je potrebna previdnost, saj so od kakovosti izdelka odvisni ne le rezultati, temveč tudi zdravje, zato je potrebno biti seznanjen s kakovostjo, stranskimi učinki, kontraindikacijami in alergijami ter izbirati dopolnila, katerih učinki so znanstveno potrjeni in od priznanega proizvajalca (Glinšek, 2016; Otoničar, 2013). Poleg tega je potrebno upoštevati priporočljiv dnevni vnos, poznati učinke in upoštevati urnik uživanja v povezavi z vadbo, kar ima ključno vlogo pri zagotavljanju želenih učinkov (Lipovšek, 2013; Otoničar, 2013).

Največji problem je, da je med športniki zelo razširjeno mišljenje, da se s prehranskimi dopolnili lahko nadomesti slabo osnovno prehrano ali celo del vadbe, kar je eden izmed osnovnih vzrokov njihove dejanske slabe prehrane (Rotovnik Kozjek, 2013). Poleg tega pogosto nekritično zaupajo industriji športne prehrane, ki ponuja številne slabo preverjene izdelke, za katere ni trdnih dokazov, da so koristni (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013; Rotovnik Kozjek, 2013). Med poplavo športnih prehranskih dopolnil je namreč zelo malo izdelkov z znanstveno dokazanimi učinki, saj so raziskave o učinkih neobvezne in največkrat finančno podprte s strani proizvajalcev in ne s strani neodvisnih institucij, v javnost prihaja veliko netočnih informacij, ki se zavajajoče tržijo, potrošnike pa se zavaja tudi z agresivnim marketingom, ki prav tako nima realne znanstvene osnove (Lipovšek, 2013; Topole, 2013). Bolj prikrit primer zavajanja se skriva v raziskavah – če se pozitivni učinki dokažejo v samo eni raziskavi, se ne sme zaključiti, da je bila ta raziskava edina realna. Če so pozitivni učinki ugotovljeni v nekaj raziskavah, gre za potencialno učinkovito prehransko dopolnilo, če so dokazani v večini raziskav, gre za dokazano učinkovita prehranska dopolnila, vendar pa je več kot 95 % vseh dopolnil le potencialno učinkovitih ali neučinkovitih. Razloga za tako majhno število dejansko učinkovitih dopolnil sta predvsem dva, in sicer substance z velikim učinkom so uvrščene na listo prepovedanih snovi, skoraj vsa druga dopolnila pa nimajo tako velikega učinka, da bi lahko statistično značilno potrdili pozitiven vpliv. Drugi razlog je, da ima večina dopolnil opazen učinek na dolgi rok, raziskave pa so po navadi prekratkega trajanja, da bi se lahko izmeril realni učinek (Lipovšek, 2013). Prehranska dopolnila niso predmet enake stroge proizvodnje, testiranja varnosti in zahtev označevanja kot zdravila, zato se lahko dajo na tržišče brez predhodnega preverjanja učinkovitosti in varnosti, kar je vzrok, da so lahko trditve o učinkovitosti neutemeljene, njihova kvaliteta in varnost pa vprašljivi, čeprav še ni bilo dokazov, da bi uživanje prehranskih dopolnil v priporočenih količinah, imelo škodljive posledice (Bean, 2013; Clarkson in Rawson, 1999; Lipovšek, 2013). Iz navedenih razlogov obstaja nevarnost nezanesljivosti deklarirane vsebine, saj lahko izdelki vsebujejo prepovedane, zdravju škodljive snovi, kot so anabolni steroidi, ki spadajo med dopinška sredstva, pri čemer gre večinoma za izdelke manj znanih proizvajalcev, najpogosteje za različne kombinacije za dvig moči in mišične mase (Bean, 2013; Burke in Cato, 2015; Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Poleg tega je mogoče zaslediti odstopanja med navedeno in dejansko vsebnostjo snovi v dopolnilu, saj so preverjanja zaradi množičnosti izdelkov zelo redka, zato velja pravilo, da bolj priznana podjetja nudijo več varnosti in zaupanja (Lipovšek, 2013). Problem predstavlja tudi dostopnost prehranskih dopolnil preko spletnih naročil, ki so izven pregleda države, v katero so naročena. Pomembno

se je zavedati, da je uspeh v športu, rezultat zapletenega in multifaktorskega procesa in ni odvisen od prehranskega dopolnila (Burke in Cato, 2015).

1.8 Prehranska dopolnila z BCAA

AK so ena izmed najpomembnejših dopolnitev v prehrani športnika, ki lahko pripomore k hitrejši regeneraciji ter zmanjšanju katabolnega in povečanju anabolnega stanja (Lipovšek, 2013). Med AK prehranskimi dopolnili so najbolj priljubljene BCAA, ki se med rekreativnimi športniki zelo pogosto uporabljajo (Bean, 2013; Fouré in Bendahan, 2017). Gre za kombinacijo treh esencialnih aminokislin – levcin, izolevcin in valin, katerih ime izhaja iz njihove specifične razvejane zgradbe (Lipovšek, 2013; Mori, 2013). Pri izbiri prehranskega dopolnila je potrebno biti pozoren na kakovost in razmerje med AK, ki naj bi bilo v prid levcina (vsaj 2 : 1 : 1). Vsaka AK obstaja v desnosučni (v nadaljevanju D) in levosučni (v nadaljevanju L) obliki, skoraj vse beljakovine v telesu pa so iz AK L oblik in se ne morejo tvoriti iz kombinacij obeh oblik, zato se je potrebno izogibati D oblikam (Lipovšek, 2013). Najpogosteje so v obliki tablet ali prahu, priporočen enkratni odmerek pa je individualen, kljub temu pa je potrebna previdnost, saj lahko prekomeren vnos zmanjša absorpcijo ostalih AK (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Priporoča se minimalno 1,5 g BCAA 30 – 45 minut pred vadbo, če je vadba daljša, pa jih je smiselno dodajati med vadbo (minimalno 1 g/uro). Na splošno pa naj bi športniki dnevno potrebovali približno 60 mg/kg TM levcina, 50 mg/kg TM valina in 20 mg/kg TM izolevcina, čim večji delež pa naj predstavljajo BCAA iz navadne hrane (Lipovšek, 2013).

BCAA so poleg glutamina in arginina najpomembnejše AK za mišično rast in regeneracijo (Petrović idr., 2005). Predstavljajo skoraj polovico vseh esencialnih AK v hrani in tretjino vseh esencialnih AK v mišicah, so namreč sestavine strukturnih in kontraktilnih beljakovin, poleg tega pa so ključni substrat za glutamin in alanin, ki se v velikih količinah izločata med intenzivno vadbo, lahko pa se uporabijo tudi direktno kot gorivo za mišice, predvsem ko so zaloge glikogena v mišici izpraznjene (Bean, 2013; Fouré in Bendahan, 2017; Lipovšek, 2013). Poleg OH in maščob so tretje gorivo mišicam in so edine AK, ki med vadbo v mišicah izrazito oksidirajo, njihova razgradnja med vadbo pa je večja kot razgradnja ostalih AK, kar je razlog, da jih je potrebno nenehno vnašati v telo. Če jih v krvnem obtoku ni dovolj, se namreč trošijo iz mišičnega tkiva, zadostna količina v krvi pa naj bi pomagala pri ohranjanju mišične mase (Kristan, 2014; Lipovšek, 2013; Otoničar, 2013; Petrović idr., 2005).

Levcin je ključni regulator anabolnega signaliziranja v mišicah, saj podobno kot vadba z obremenitvijo aktivira signalne poti mTOR (angl. »mechanistic target of rapamycin« – v nadaljevanju mTOR), ki je glavni regulator mišične beljakovinske sinteze, kar sproži sintezo mišičnih beljakovin neodvisno od prisotnosti ostalih AK, kljub temu pa je za nadaljevanje mišične sinteze verjetno potrebna prisotnost drugih esencialnih AK (Apró in Blomstrand, 2010; Dideriksen idr., 2013; Podlogar idr., 2017). Ker vadba poveča katabolizem BCAA, poveča tudi potrebe po njih, njihovo dodajanje pa poveča razpoložljivost BCAA in s tem količino substratov ter razpoložljivost energije za mišično beljakovinsko sintezo (Kerksick idr., 2006; Sharp in Pearson, 2010; Shimomura idr., 2006). Zadostna razpoložljivost AK po

vadbi naj bi bila nujna za maksimalno mišično beljakovinsko sintezo (Sharp in Pearson, 2010). Pomembna prednost BCAA je, da se po zaužitju izredno hitro pojavijo v krvi, saj za razliko od presnove ostalih esencialnih AK, ki poteka v jetrih, poteka večina njihove presnove v mišicah, zato se po krvi prenesejo direktno v mišice in zaobidejo jetra (Fouré in Bendahan, 2017; Kristan, 2014; Lipovšek, 2013). Beljakovinska sinteza je večja, ko so AK hitreje dostopne v krvi, torej kadar so zaužite v tekoči obliki oz. v obliki prehranskega dopolnila in ne v sklopu normalnega obroka, ki zaradi prisotnosti ostalih hranil zahteva daljši čas prebave, zaradi česar je mogoče, da vrednosti levcina v krvnem obtoku ne dosežejo optimalne vrednosti (Podlogar idr., 2017; Saharan, Pathak in Awasthi, 2019). Po zaužitju suboptimalni količini beljakovin z zadostno količino levcina pride do enake stopnje in trajanja sinteze beljakovin kot v primeru, ko je količina beljakovin optimalna – levcin torej izboljša anabolni učinek beljakovin in ravno njegova količina v obroku narekuje sintezo mišičnih beljakovin (Devries in Phillips, 2015; Podlogar idr., 2017).

Vnos BCAA naj bi tako s povečanjem razpoložljivosti AK povečal mišično beljakovinsko sintezo in zmanjšal katabolizem med vadbo, z učinkom na zmanjšano proizvodnjo laktata naj bi zmanjšal utrujenost ter povečal učinkovitost vadbe, poleg tega pa naj bi zmanjšal EIMD in mišično bolečino, preprečil z vadbo povzročeno zmanjšanje moči ter pomagal pri hitrejši obnovi poškodovanih mišic, kar naj bi pomenilo, da lahko ima dodaten vnos BCAA več pozitivnih učinkov, predvsem v smislu antikatabolnega delovanja z varčevanjem telesnih beljakovin in kot dodatno gorivo med vadbo (Lipovšek, 2013; Martinez Sanz idr., 2019; Otoničar, 2013; Sharp in Pearson, 2010).

2 NAMEN, HIPOTEZE IN RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Pri pregledu literature smo ugotovili, da učinkovitost nekaterih najpopularnejših prehranskih dopolnil za povečanje mišične mase ni znanstveno utemeljena. Tudi učinek vnosa BCAA na pridobivanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč je razmeroma nejasen, saj so si rezultati raziskav na tem področju nasprotujoči, industrija prehranskih dopolnil pa je trditve o njihovi učinkovitosti na povečanje mišične mase in moči postavila predvsem na podlagi kratkotrajnih raziskav, ki so vključevale enkratno vadbo in ne dlje trajajočo ponavljajočo se vadbo. Več je tudi podatkov o učinkih njihovega dodajanja pred vadbo in po njej, ne pa tudi o učinkih dodajanja med vadbo, kakor so ta prehranska dopolnila pogosto zaužita v praksi med obiskovalci fitnessov. Poleg tega je na to temo v slovenskem jeziku na razpolago zelo malo relevantne literature.

Namen magistrske naloge je tako povzeti teoretična izhodišča iz obstoječe literature na temo fitnesa, pridobivanja mišične mase, vadbe za moč, ustrezne prehrane za pridobivanje mišične mase, športnih prehranskih dopolnil in BCAA ter njihovih učinkov na telo v povezavi z vadbo za moč ter razjasniti učinek njihovega vnosa med vadbo za moč na povečanje mišične mase.

Glavni cilj naloge je tako raziskati učinek vnosa BCAA med vadbo za moč na pridobivanje mišične mase in zmanjšanje maščobne mase na dani populaciji.

V sklopu cilja smo si zastavili naslednja raziskovalna vprašanja (v nadaljevanju RV):

RV1: Ali bodo posamezniki, ki so med vadbo za moč dodatno vnašali BCAA, pridobili po končani 8-tedenski intervenciji večjo mišično maso v primerjavi s skupino, ki med vadbo za moč ni dodatno vnašala BCAA?

RV2: Ali obstaja statistično značilna razlika v izgubi telesne maščobe med skupino, ki je dodatno vnašala BCAA med vadbo za moč, in skupino, ki med vadbo za moč tekom 8-tedenske intervencije BCAA ni dodatno vnašala?

RV3: Ali obstaja statistično značilna razlika v spremembi razmerja med obsegom pasu in bokov med skupino, ki je dodatno vnašala BCAA med vadbo za moč, in skupino, ki med vadbo za moč tekom 8-tedenske intervencije BCAA ni dodatno vnašala?

RV4: Ali obstaja statistično značilna povezava med odstotkom telesne vode in mišično maso, izmerjeno s prenosnim analizatorjem telesne sestave?

3 METODE DELA IN MATERIALI

V teoretičnem delu naloge je uporabljena deskriptivna metoda dela s pregledom literature. Pregledali smo znanstveno in strokovno literaturo s področja fitnesa, pridobivanja mišične mase, vadbe za moč, primerne prehrane za pridobivanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč, športnih prehranskih dopolnil in BCAA ter njihovih učinkih na telo v povezavi z vadbo za moč, ki smo jo iskali v bazah podatkov, kot so PubMed, Google učenjak, Sciencedirect, EBSCO in drugih. Uporabili smo naslednje iskalne nize: BCAA supplementation OR BCAA OR BCAA intake AND strength training OR resistance training OR exercise OR muscle mass OR muscle mass gain; BCAA supplementation OR BCAA OR BCAA intake AND fat mass OR fat mass loss OR fat mass reduction; BCAA supplementation OR BCAA OR BCAA intake AND waist/hip ratio OR waist circumference OR waist girth OR waist size OR hip circumference OR hip girth OR hip size.

3.1 Vzorec

V praktičnem delu naloge smo izvedli raziskavo, v katero je bilo vključenih 16 zdravih, asimptomatskih rekreativnih športnic in rednih obiskovalk fitnesa, starih med 18 in 35 let, ki so na približno enaki stopnji treniranosti in niso začetnice. Ob izkazu interesa za sodelovanje v raziskavi smo preverili starost interesentk in, ali so do sedaj redno trenirale 3 – 5-krat tedensko vsaj 2 meseca, s čimer smo se izognili vključevanju začetnic v raziskavo. Preverili smo tudi njihov dosednji potek treningov ter, ali so do sedaj že uporabljale prehransko dopolnilo BCAA. Vse preiskovanke so prostovoljno privolile k vključitvi v raziskavo. Raziskava ima tudi krovno dovoljenje s strani komisije za medicinsko etiko.

3.2 Potek raziskave

Izvedli smo navzkrižno intervencijsko raziskavo, v kateri smo ugotavljali učinek vnosa BCAA med vadbo za moč na pridobivanje mišične mase. Raziskava je bila razdeljena na dve 8-tedenski intervenciji z vmesnim 1-tedenskim obdobjem spiranja in je skupaj trajala 17 tednov, in sicer od sredine januarja do sredine maja 2019. Preiskovanke so bile naključno razdeljene v 2 skupini. V prvi 8-tedenski intervenciji je prva skupina vnašala BCAA med vadbo za moč, druga pa ne, nato je sledilo obdobje spiranja, v katerem ni nobena od skupin vnašala BCAA. Obdobju spiranja je sledila druga 8-tedenska intervencija, v kateri sta se skupini zamenjali in je BCAA med vadbo za moč vnašala druga skupina, prva pa ne.

Pred začetkom raziskave smo vsaki preiskovanki dodelili potrebno število odmerkov BCAA v prahu za čas raziskave (1 odmerek na trening). Izbrali smo prehransko dopolnilo BCAA znamke OLIMP XPLODE. En odmerek (10 g) vsebuje 6 g BCAA, in sicer 3 g levcina, 1,5 g valina in 1,5 g izolevcina, in ima optimalno razmerje med AK – levcin : izolevcin : valin = 2 : 1 : 1.. Poleg tega vsebuje še 1 g glutamina in 2 mg vitamina B₆. Vse AK v prehranskem dopolnilu so v L-obliki. Preiskovanke so 8 tednov med vsakim treningom vnašale 1 odmerek BCAA, dnevi brez treningov pa so bili tud brez vnosa prehranskega dopolnila BCAA.

Pred začetkom raziskave smo preiskovanke seznanili z namenom, cilji in potekom raziskave in jim dali navodila glede prehrane, treningov, uporabe prehranskega dopolnila, vodenja prehranskega dnevnika in določanja 1RM, s katerimi so se morale do pričetka raziskave seznaniti. Če so prehranska dopolnila BCAA že uživale pred začetkom raziskave, so 1 teden pred raziskavo z uživanjem prenehale. Preiskovanke so bile v času raziskave v energijskem suficitu, ki je pogoj za mišično rast, z zadostnim dnevnim vnosom beljakovin za mišično rast (vsaj 1,6 g/kg TM), pri čemer so si pomagale z aplikacijo My fitness pal, kamor so vnašale zaužito hrano. Takoj po treningu (30 – 45 minut po njem) so zaužile vir kvalitetnih beljakovin.

Pred pričetkom raziskave so preiskovanke določile 1RM za vsako vajo, kar je namenjeno določanju prave intenzivnosti vadbe (primerne teža bremena pri vsaki vaji posebej). Določanje 1RM je potekalo po naslednjem protokolu, ki ga v svojem delu navajata Berke (2016) in Stepišnik Kraševac (2016):

1. Vadeči se najprej dobro ogreje z bremen, ki mu omogočajo z lahkoto izvesti 5 – 10 ponovitev vaje (s 40 – 60 % predvidenega 1RM).
2. Sledi 1 minuta odmora.
3. Nato se oceni velikost bremena za specialno ogrevanje, ki omogoča, da vadeči naredi 3 – 5 ponovitev vaje. Na breme iz 1. točke se doda 5 – 10 kg oz. 5 – 10 % pri vajah za zgornji del telesa in 15 – 20 kg oz. 10 – 20 % pri vajah za spodnji del telesa.
4. Sledita 2 minuti odmora.
5. Nato se oceni velikost bremena blizu 1RM, ki omogoča, da vadeči naredi 2 – 3 ponovitve vaje. Bremenu iz 3. točke se doda 5 – 10 kg oz. 5 – 10 % pri vajah za zgornji del telesa in 15 – 20 kg oz. 10 – 20 % pri vajah za spodnji del telesa.
6. Sledi 2 – 4 minute odmora.
7. Sledi še povečanje velikosti bremena za 5 – 10 kg oz. 5 – 10 % pri vajah za zgornji del telesa in 15 – 20 kg oz. 10 – 20 % pri vajah za spodnji del telesa.
8. Vadeči poizkusi narediti eno ponovitev vaje.
9. Če je uspešen, sledi 2 – 4 minute odmora in se nato protokol ponovi od 7. točke naprej. Če je vadeči neuspešen, sledi 2 – 4 minute odmora, teža bremena se zmanjša za 2,5 – 5 kg oz. 2,5 – 5 % pri vajah za zgornji del telesa in 7,5 – 10 kg oz. 5 – 10 % pri vajah za spodnji del telesa, nato se protokol ponovi od 8. točke naprej.
10. S povečevanjem ali zmanjševanjem bremena se nadaljuje, dokler vadeči ni sposoben narediti samo ene pravilne ponovitve vaje. Dobro je, če se 1RM izmeri v petih testnih ponovitvah. Ko je testiranje opravljeno, se izračuna primerno teža bremena za vsako vajo.

V času raziskave so treningi potekali 5-krat tedensko po predpisanem programu. Preiskovanke so se ogrele po standardiziranem protokolu ogrevanja, ki je vključeval 7 minut teka ali kolesarjenja, kroženja v sklepih, vaje z lastno težo, ki so vključevale predvsem tiste mišice, ki so bile na določen dan obremenjene, ter kratek razteg mišic, ki so bile obremenjene na določen dan. V glavnem delu treninga smo uporabili standardno metodo 1 ponovljenih submaksimalnih mišičnih naprezanj, ki je najbolj značilna metoda za mišično hipertrofijo. Preiskovanke so izvajale 4 serije po 12 ponovitev (tekoča ponovitev) vsake vaje z 1-minutnimi odmori med posameznimi serijami, teža bremena pa je bila 70 – 80 % 1RM. Takšna intenzivnost in količina vadbe naj bi bila optimalna za iniciacijo hipertrofije. Na podlagi predhodno izmerjenega 1RM pri vseh vajah smo lahko izračunali težo bremena, ki pa so jo preiskovanke na vsake 4 tedne povečevale, kar je omogočalo nadaljnji napredek. Treningi so bili razdeljeni po mišičnih skupinah, tako da je bila vsaka mišična skupina obremenjena dvakrat v tednu – en dan je potekal trening nog in prsi, drugi dan trening hrbta in ramen, tretji dan trening prsi, rok in trebušnih mišic, četrti dan trening nog in ramen, peti dan pa trening hrbta, rok in trebušnih mišic. Vsak trening je trajal približno 1,5 ure in je bil sestavljen iz 8 – 10 vaj (3 – 5 vaj za eno in 3 – 5 vaj za drugo mišično skupino, dvakrat tedensko še 2 vaji za trebušne mišice). V času raziskave preiskovanke niso izvajale drugih oz. dodatnih treningov, s čimer smo se izognili morebitnemu povečanju katabolizma, ki bi ga lahko povzročili dodatni treningi.

3.3 Meritve

Z navzkrižno raziskavo smo ugotavljali razlike v pridobivanju mišične mase pri vsaki preiskovanki v intervenciji z vnosom in brez vnosa BCAA med treningom, na tak način pa smo se izognili potencialnim razlikam, ki bi jih lahko zaznali med obema skupinama, saj je bila vsaka preiskovanka kontrola sama sebi. Treningi, prehrana in morebitni drugi dejavniki so si bili pri vsaki preiskovanki v obeh intervencijah kar se da podobni. Meritve so bile izvedene v garderobah fitnesov pred pričetkom vadbe vsake preiskovanke.

3.3.1 Telesna sestava

Telesno sestavo smo preiskovankam zaradi enostavnejše izvedbe meritev merili s prenosnim analizatorjem telesne sestave Tanita BC-730, ki smo si ga izposodili na UP FVZ. Izmerili smo jo na začetku in koncu prve in druge intervencije, torej pri vsaki posameznici 4-krat. Zanimali sta nas predvsem spremembi mišične in maščobne mase. Vse 4 meritve so bile pri vsaki posameznici izvedene pod približno enakimi pogoji in v enakem delu dneva (ob približno enaki uri). Meritve so bile izvedene v spodnjem perilu, preiskovanke pa niso bile tešče.

3.3.2 Obsegi

Ob vsaki meritvi telesne sestave smo s pomočjo šiviljskega metra izmerili tudi obseg pasu, bokov in desnega stegna ter nadlahti. Obseg pasu smo merili v najožjem delu, obseg bokov v najširšem delu, obseg stegna in nadlahti pa na sredini med kolenom in kolkom oz. komolcem in ramenom.

3.3.3 Prehranski vnos in program vadbe

Preiskovanke so v času raziskave zapisovale program vadbe ter 3-dnevni prehranski dnevnik v vsaki intervenciji. Pred raziskavo smo jim poslali obrazec za vodenje prehranskega dnevnika in jim obrazložili, kako ga voditi. Primer 3-dnevnega prehranskega dnevnika ene preiskovanke je v Prilogi 1. Energijski vnos in vnos makrohranil smo analizirali s pomočjo aplikacije My fitness pal. V vadbeni program so preiskovanke zapisovale vaje, ki so jih izvajale v času raziskave po mišičnih skupinah, katerih razporeditev po dnevih je bila določena in enaka za vse, ter teža bremena, ki so jo na vsake 4 tedne višale, kar je mogoče razbrati iz vadbenega programa. Primer vadbenega programa preiskovank je v Prilogi 2.

3.4 Statistična analiza

Pridobljene podatke smo statistično obdelali s pomočjo računalniškega programa za obdelovanje in analiziranje podatkov SPSS (IBM SPSS Statistics). Za opis vzorca smo uporabili deskriptivno statistično obdelavo podatkov, kjer smo določili povprečno vrednost, standardno deviacijo, minimalne in maksimalne vrednosti zbranih podatkov. Za ugotavljanje razlik v spremembi mišične mase in drugih antropometričnih podatkov znotraj posamezne skupine smo uporabili parni t-test, za ugotavljanje razlik v spremembi mišične mase in ostalih podatkov med obema skupinama pa smo uporabili neodvisni t-test. Za ugotavljanje povezav med pridobljenimi spremenljivkami smo uporabili Pearsonovo korelacijo, ki nam je pokazala moč povezave. Podatke smo prikazali s pomočjo preglednic.

4 REZULTATI

V nadaljevanju naloge najprej podajamo opis vzorca in analizo prehranskega vnosa, nato pa še statistično obdelane rezultate meritev v obliki preglednic z antropometričnimi podatki, ki jim je dodana razlaga. S statistično analizo pridobljenih podatkov smo ugotavljali razlike v spremembah mišične mase, odstotka telesne maščobne, razmerja med obsegom pasu in bokov ter ostalih antropometričnih podatkov v skupini, ki je med treningi 8 tednov vnašala BCAA in skupini, ki BCAA ni vnašala, razlike v spremembah teh podatkov med obema skupinama in nato še povezave med spremembo mišične mase ter spremembo ostalih podatkov po 8-tedenski intervenciji. Sledi razprava, ki vključuje komentiranje in interpretacijo opisanih podatkov ter odgovore na zastavljena raziskovalna vprašanja. Za tem so predstavljene še omejitve, s katerimi smo se srečali pri izvajanju raziskave.

4.1 Opis vzorca

Šest sodelujočih je med potekom raziskave odstopilo, zato je bilo v končni vzorec zajetih le 10 preiskovank, starih 19 – 33 let (povprečna starost $22,7 \pm 4,19$ let), s telesno višino (v nadaljevanju TV) 156 – 176 cm (povprečna TV $166,9 \pm 6,84$ cm), ki so opravile obe intervenciji, torej vse treninge in vse meritve. Vse so že predhodno vsaj 1 leto redno izvajale vadbo za moč. Njihove začetne značilnosti v intervenciji z vnosom in brez vnosa BCAA prikazuje Preglednica 1.

Preglednica 1: Opis vzorca

Spremenljivka	Vnos BCAA (N=10)			Brez vnosa BCAA (N=10)			p
	M \pm SD	Minimum	Maksimum	M \pm SD	Minimum	Maksimum	
TM (kg)	61,37 \pm 4,71	55,1	69,5	61,23 \pm 5,3	54,2	69,1	0,951
ITM (kg/m ²)	22,04 \pm 1,35	20,3	24,4	21,97 \pm 1,05	20,4	23,6	0,898
Mišična masa (kg)	42,7 \pm 2,57	39,5	46,5	42,33 \pm 2,43	38,6	46	0,745
Maščoba (%)	26,58 \pm 2,71	23,7	31	26,96 \pm 3,61	21,5	31,6	0,793

BCAA=aminokisline z razvejano stransko verigo; p=statistična pomembnost; N=število oseb; M=povprečje; SD=standardna deviacija; TM=telesna masa; ITM=indeks telesne mase

Starost in TV sta bili v skupini z vnosom in brez vnosa BCAA enaki, saj je šlo za iste preiskovanke. Povprečja začetne TM, indeksa telesne mase (v nadaljevanju ITM), mišične mase in telesne maščobe se med skupinama prav tako niso bistveno razlikovala, kljub temu pa so bila vsa, razen povprečje odstotka telesne maščobe, nekoliko višja v skupini z vnosom BCAA. Na podlagi analize podatkov z neodvisnim t-testom ugotavljamo, da se skupini nista statistično značilno razlikovali v nobenem začetnem parametru (Preglednica 1).

4.2 Analiza prehranskega vnosa

Od vsake preiskovanke smo dobili dva 3 dnevna prehranska dnevnik, enega iz intervencije, ko so vnašale BCAA med treningi in drugega iz intervencije, ko niso dodatno vnašale BCAA. Zaužita živila in njihovo količino iz prehranskih dnevnikov smo vnesli v aplikacijo My fitness pal, da smo dobili podatke o energijskem vnosu ter vnosu makrohranil, ki smo jih nato preračunali na kg TM, kar prikazuje Preglednica 2, in sicer posebej za skupino z vnosom in brez vnosa BCAA, podatki pa so predstavljeni kot povprečje \pm standardna deviacija (v nadaljevanju SD).

Preglednica 2: Povprečje 3-dnevnega energijskega in hranilnega vnosa

Spremenljivka	Vnos BCAA (N=10)	Brez vnosa BCAA (N=10)	p
E (kcal/kg TM)	36,89 \pm 6,72	34,1 \pm 7,67	0,398
B (g/kg TM)	2,1 \pm 0,56	1,97 \pm 0,6	0,596
OH (g/kg TM)	3,88 \pm 0,73	3,61 \pm 0,8	0,442
M (g/kg TM)	1,29 \pm 0,34	1,16 \pm 0,34	0,403

BCAA=aminokislina z razvejano stransko verigo; p=statistična pomembnost; N=število oseb; E=energijski vnos; B=beljakovine; OH=ogljikovi hidrati; M=maščobe

Povprečje tridnevnega energijskega vnosa je bilo v skupini z vnosom BCAA višje za približno 2,8 kcal/kg TM, medtem ko se povprečja vnosa beljakovin, OH in maščob med skupinama niso bistveno razlikovala, kljub temu pa so bila nekoliko višja v skupini z vnosom BCAA. Na podlagi analize podatkov z neodvisnim t-testom ugotavljamo, da ni bilo statistično značilnih razlik v energijskem in hranilnem vnosu med skupinama (Preglednica 2).

4.3 Telesna sestava in obsegi

Vsaki preiskovanki smo z analizatorjem telesne sestave štirikrat izmerili telesno sestavo – na začetku in koncu 8 tedenske intervencije, v kateri so vnašale BCAA ter na začetku in koncu 8 tedenske intervencije, v kateri niso vnašale BCAA med treningi, s čimer smo pridobili podatke o začetni in končni TM, mišični masi, odstotku telesne maščobe in vode, kostni masi, stopnji visceralne maščobe, metabolni starosti in BMR v posamezni intervenciji. Potrebovali smo podatke o TV, starosti in spolu, ki jih je bilo potrebno vnesti v analizator pred meritvijo. Ob tem smo jim vsakič izmerili še obsege pasu, bokov, desnega stegna in desne nadlahti ter izračunali razmerje med obsegom pasu in bokov.

4.3.1 Razlike znotraj skupine

Preglednica 3 prikazuje povprečje \pm SD začetnih in končnih vrednosti izmerjenih podatkov za skupino z vnosom in brez vnosa BCAA ter vrednost p, ki določa ali obstajajo statistično pomembne razlike med začetnimi in končnimi vrednostmi teh podatkov znotraj posamezne skupine, kar smo ugotavljali na podlagi analize s parnim t-testom. Začetna vrednost

predstavlja rezultat meritve pred začetkom intervencije, končna pa po končani 8-tedenski intervenciji.

Preglednica 3: Razlike v spremembah antropometričnih podatkov znotraj posamezne skupine

Spremenljivka	Vnos BCAA (N=10)			Brez vnosa BCAA (N=10)		
	Začetna vrednost	Po 8-tedenski intervenciji	p	Začetna vrednost	Po 8-tedenski intervenciji	p
TM (kg)	61,37±4,71	61,73±4,58	0,345	61,23±5,3	61,31±4,87	0,857
Mišična masa (kg)	42,7±2,57	42,57±2,46	0,613	42,33±2,43	42,7±2,36	0,221
Maščoba (%)	26,58±2,71	27,12±2,86	0,183	26,96±3,61	26,44±3,46	0,462
Voda (%)	51,56±1,85	50,98±1,91	0,053	51,3±2,39	51,68±2,31	0,437
Visceralna maščoba	1,45±0,8	1,5±0,85	0,591	1,55±0,8	1,45±0,86	0,343
Kostna masa (kg)	2,29±0,14	2,29±0,12	1	2,28±0,12	2,3±0,13	0,168
BMR (kcal)	1390,8±77,75	1388,8±72,18	0,774	1381,8±75,36	1390,6±70,82	0,233
Metabolna starost (leta)	20±7,73	21,5±8,14	0,043	21±9,2	19,9±9,24	0,426
Obseg pasu (cm)	70,95±4,3	71,65±4,7	0,111	70,75±4,72	71,35±4,71	0,245
Obseg bokov (cm)	99,8±2,12	100,15±1,93	0,153	100,25±2,98	100,1±2,27	0,766
Razmerje pas/boki	0,711±0,042	0,714±0,042	0,394	0,706±0,044	0,711±0,043	0,138
Obseg stegna (cm)	53,45±2,79	53,6±1,87	0,691	53,75±2,68	53,35±2,37	0,373
Obseg nadlahti (cm)	28,1±1,84	28±1,58	0,662	28,1±1,63	28,2±1,89	0,705

BCAA=aminokisline z razvejano stransko verigo; p=statistična pomembnost; N=število oseb; TM=telesna masa; BMR=stopnja bazalnega metabolizma

Med večino začetnih in končnih povprečnih vrednosti podatkov iz Preglednice 3 ni bilo ugotovljenih statistično značilnih razlik tako v skupini z vnosom kot tudi v skupini brez vnosa BCAA, izjema pa je sprememba povprečne metabolne starosti v skupini z vnosom BCAA, ki je statistično značilna, saj je $p < 0,05$ ($p = 0,043$). Ta se je po 8-tedenski intervenciji v povprečju povečala za 1,5 let (Preglednica 3).

4.3.2 Razlike med skupinama

Preglednica 4 prikazuje spremembe antropometričnih podatkov (končna – začetna vrednost) za skupino z vnosom in brez vnosa BCAA, ki so prikazane kot povprečje ± SD, ter vrednost p, ki določa ali obstajajo statistično pomembne razlike v spremembah teh podatkov med obema skupinama, kar smo ugotavljali na podlagi analize z neodvisnim t-testom.

Preglednica 4: Razlike v spremembah antropometričnih podatkov med skupinama

Spremenljivka	Vnos BCAA (N=10)	Brez vnosa BCAA (N=10)	p
Δ TM (kg)	0,36±1,14	0,08±1,37	0,625
Δ mišične mase (kg)	-0,13±0,79	0,37±0,89	0,199
Δ % maščobe	0,54±1,18	-0,52±2,14	0,187
Δ % vode	-0,58±0,82	0,38±1,48	0,09
Δ stopnje visceralne maščobe	0,05±0,28	-0,1±0,32	0,279
Δ kostne mase (kg)	0±0,05	0,02±0,04	0,331
Δ BMR (kcal)	-2±21,33	8,8±21,76	0,277
Δ metabolne starosti (leta)	1,5±2,01	-1,1±4,18	0,093
Δ obsega pasu (cm)	0,7±1,25	0,6±1,52	0,874
Δ obsega bokov (cm)	0,35±0,71	-0,15±1,55	0,365
Δ razmerja pas/boki	0,003±0,011	0,005±0,01	0,665
Δ obsega stegna (cm)	0,15±1,16	-0,4±1,35	0,341
Δ obsega nadlahti (cm)	-0,1±0,7	0,1±0,81	0,562

Δ=razlika med končno in začetno vrednostjo posamezne spremenljivke; BCAA=aminokisline z razvejano stransko verigo; p=statistična pomembnost; N=število oseb; TM=telesna masa; BMR=stopnja bazalnega metabolizma

Po končani 8 tedenski intervenciji sta obe skupini v povprečju imeli večjo TM v primerjavi z začetno. Skupina, ki je vnašala BCAA, je v povprečju pridobila več TM (0,36±1,14 kg) v primerjavi s skupino, ki ni vnašala BCAA (0,08±1,37 kg). Kljub povečanju povprečne TM v skupini z vnosom BCAA, se je mišična masa po 8-tedenski intervenciji v povprečju zmanjšala (-0,13±0,79 kg), enako velja tudi za odstotek telesne vode (-0,58±0,82 %), medtem ko sta bili v skupini brez vnosa po 8 tedenski intervenciji mišična masa (0,37±0,89 kg) in odstotek telesne vode (0,38±1,48 %) v povprečju večji kot pred začetkom intervencije. Obratno velja za odstotek telesne maščobe, ki se je v skupini z vnosom BCAA po končani intervenciji v povprečju povečal (0,54±1,18 %), v skupini brez vnosa pa zmanjšal (-0,52±2,14 %). V skupini z vnosom se je v povprečju povečala tudi stopnja visceralne maščobe (0,05±0,28), medtem ko se je v skupini brez vnosa v povprečju zmanjšala (-0,1±0,32). Sprememb kostne mase ni bilo zaznati, BMR pa se je po 8 tedenski intervenciji v skupini z vnosom BCAA v povprečju zmanjšal (-2±21,33 kcal), v skupini brez vnosa pa povečal (8,8±21,76 kcal). Metabolna starost je bila po intervenciji v skupini z vnosom v povprečju večja kot na začetku (1,5±2,01 let), v drugi skupini pa manjša (-1,1±4,18 let). Obseg pasu se je v obeh skupinah v povprečju povečal, vendar nekoliko bolj v skupini z vnosom BCAA (0,7±1,25 cm) v primerjavi s skupino brez vnosa (0,6±1,52 cm), obseg bokov se je v skupini z vnosom v povprečju povečal (0,35±0,71 cm), v skupini brez vnosa pa zmanjšal (-0,15±1,55 cm), razmerje med obsegom

pasu in bokov pa se je v obeh skupinah povečalo, vendar nekoliko bolj v skupini brez vnosa BCAA ($0,005 \pm 0,01$) v primerjavi s skupino z vnosom ($0,003 \pm 0,011$). Obseg stegna je bil po intervenciji v skupini z vnosom BCAA v povprečju večji kot na začetku intervencije ($0,15 \pm 1,16$ cm), v drugi skupini pa manjši ($-0,4 \pm 1,35$ cm), obratno pa velja za obseg nadlahti, ki se je v skupini z vnosom v povprečju zmanjšal ($-0,1 \pm 0,7$ cm), v drugi skupini pa povečal ($0,1 \pm 0,81$ cm) (Preglednica 4). Vse te razlike v povprečjih sprememb podatkov med skupinama pa niso statistično pomembne, saj so vse vrednosti p iz Preglednice 4 večje od 0,05.

4.3.3 Korelacije med spremenljivkami

Preglednica 5 prikazuje korelacije oz. povezave med spremembo mišične mase in spremembo ostalih antropometričnih podatkov ter med spremembo mišične mase in energijskim in hranilnim vnosom v skupini z vnosom in brez vnosa BCAA, pri čemer je podana vrednost p, ki pomeni statistično pomembnost, ter Pearsonov korelacijski koeficient (r), ki pokaže moč povezave ter, ali gre za pozitivno ali negativno povezavo.

Preglednica 5: Korelacije med spremembo mišične mase in ostalih merjenih podatkov

		Δ mišične mase (kg)	
Spremenljivka		Vnos BCAA (N=10)	Brez vnosa BCAA (N=10)
Δ TM (kg)	r	0,731	0,020
	p	0,016	0,957
Δ % maščobe	r	-0,343	-0,680
	p	0,332	0,031
Δ % vode	r	0,394	0,711
	p	0,259	0,021
Δ stopnje visceralne maščobe	r	0,007	-0,742
	p	0,984	0,014
Δ kostne mase (kg)	r	0,601	0,491
	p	0,066	0,149
Δ BMR (kcal)	r	0,990	0,966
	p	0,000	0,000
Δ metabolne starosti (leta)	r	-0,053	-0,631
	p	0,885	0,050

Δ mišične mase (kg)			
Spremenljivka		Vnos BCAA (N=10)	Brez vnosa BCAA (N=10)
Δ obsega pasu (cm)	r	0,488	0,178
	p	0,153	0,622
Δ obsega bokov (cm)	r	0,590	0,105
	p	0,073	0,772
Δ razmerja pas/boki	r	0,253	0,135
	p	0,481	0,710
Δ obsega stegna (cm)	r	0,698	0,017
	p	0,025	0,964
Δ obsega nadlahti (cm)	r	0,399	0,059
	p	0,253	0,872
E vnos (kcal/kg TM)	r	-0,031	0,419
	p	0,933	0,228
Vnos B (g/kg TM)	r	0,026	0,524
	p	0,943	0,120
Vnos OH (g/kg TM)	r	-0,489	0,207
	p	0,152	0,565
Vnos M (g/kg TM)	r	0,273	0,535
	p	0,446	0,111

Δ=razlika med končno in začetno vrednostjo posamezne spremenljivke; BCAA=aminokisline z razvejano stransko verigo; r=Pearsonov korelacijski koeficient; p=statistična pomembnost; N=število oseb; TM=telesna masa; BMR=stopnja bazalnega metabolizma; E=energija; B=beljakovine; OH=ogljikovi hidrati; M=maščobe

Na podlagi korelacije s Pearsonovim korelacijskim koeficientom ugotavljamo, da obstaja statistično značilna povezava med spremembo mišične mase in spremembo TM ($p=0,016$) po 8-tedenski intervenciji v skupini, ki je vnašala BCAA, korelacijski koeficient pa pokaže močno pozitivno povezavo med tema spremenljivkama ($r=0,731$), saj se koeficient približuje vrednosti 1. To pomeni, da se ob povečanju TM, poveča tudi mišična masa in obratno – ob zmanjšanju TM se zmanjša tudi mišična masa. Tudi v skupini brez vnosa BCAA je povezava med tema dvema spremenljivkama pozitivna, a izjemno šibka in ni statistično značilna ($r=0,020$, $p=0,957$). V skupini, ki je vnašala BCAA, ugotavljamo po 8-tedenski intervenciji statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo obsega stegna ($p=0,025$), korelacijski koeficient pa pokaže srednje do močno pozitivno povezavo med tema

spremenljivkama ($r=0,698$). Torej, če se mišična masa poveča, se poveča tudi obseg stegna in obratno – če se mišična masa zmanjša, se zmanjša tudi obseg stegna. V skupini brez vnosa BCAA je povezava med tema dvema spremenljivkama prav tako pozitivna, a izjemno šibka in ni statistično značilna ($r=0,017$, $p=0,964$). V obeh skupinah ugotavljamo statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo BMR ($p<0,001$), korelacijski koeficient pa pokaže zelo močno pozitivno povezavo ($r=0,990$), saj se koeficient zelo približa vrednosti 1. Torej, če se mišična masa poveča, se poveča tudi BMR oz. če se mišična masa zmanjša, se zmanjša tudi BMR. Drugih statistično značilnih povezav s spremembo mišične mase v skupini, ki je vnašala BCAA, nismo ugotovili (Preglednica 5).

Več povezav smo ugotovili v skupini, ki ni vnašala BCAA. Ugotovili smo statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo odstotka telesne maščobe ($p=0,031$), korelacijski koeficient pa pokaže srednje do močno negativno povezavo med spremenljivkama ($r=-0,680$). Torej, če se mišična masa poveča, se odstotek telesne maščobe zmanjša in obratno – če se mišična masa zmanjša, se odstotek telesne maščobe poveča. V skupini z vnosom je povezava med tema dvema spremenljivkama prav tako negativna, a ni statistično značilna ($r=-0,434$, $p=0,332$). Tudi v skupini brez vnosa BCAA ugotavljamo statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo odstotka telesne vode ($p=0,021$), gre pa za močno pozitivno povezavo ($r=0,711$), saj se korelacijski koeficient približuje vrednosti 1. Torej, če se mišična masa poveča, se poveča tudi odstotek telesne vode in obratno – če se mišična masa zmanjša, se zmanjša tudi odstotek telesne vode. V skupini z vnosom gre prav tako za pozitivno povezavo med tema spremenljivkama, ki pa ni statistično značilna ($r=0,394$, $p=0,259$). V skupini brez vnosa smo ugotovili statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo stopnje visceralne maščobe ($p=0,014$), gre pa za močno negativno povezavo ($r=-0,742$), saj se korelacijski koeficient približuje vrednosti -1. Torej, če se mišična masa poveča, se stopnja visceralne maščobe zmanjša in obratno – če se mišična masa zmanjša, se stopnja visceralne maščobe poveča. V skupini z vnosom BCAA povezave med tema spremenljivkama ni ($r=0,007$, $p=0,984$). Zadnja spremenljivka, za katero smo uspeli dokazati statistično značilno povezavo s spremembo mišične mase v skupini brez vnosa, je sprememba metabolne starosti ($p=0,050$), kjer gre za srednje močno negativno povezavo ($r=-0,631$). Torej, če se mišična masa poveča, se metabolna starost zmanjša oz. če se mišična masa zmanjša, se metabolna starost poveča. V skupini z vnosom je povezava med tema dvema spremenljivkama prav tako negativna, vendar ni statistično značilna ($r=-0,053$, $p=0,885$). V skupini, ki ni vnašala BCAA, drugih statistično značilnih povezav s spremembo mišične mase nismo ugotovili (Preglednica 5).

V času 8-tedenske intervencije nismo v nobeni skupini uspeli dokazati statistično značilne povezave med spremembo mišične mase in spremembo kostne mase, obsega nadlahti, pasu in bokov ter razmerja med obsegom pasu in bokov, saj je p pri vseh naštetih povezavah večji od 0,05, vse te povezave pa so v obeh skupinah pozitivne. Prav tako nismo ugotovili statistično značilne povezave med spremembo mišične mase in energijskim vnosom ter vnosom OH ($p>0,05$), ki sta v skupini z vnosom BCAA negativni, v skupini brez vnosa pa pozitivni, ter

povezave med spremembo mišične mase in vnosom beljakovin in maščob ($p>0,05$), ki sta v obeh skupinah pozitivni (Preglednica 5).

5 RAZPRAVA

Glavni cilj raziskave v okviru magistrske naloge je bil ugotoviti, ali ima dodajanje BCAA med vadbo za moč učinek na večje pridobivanje mišične mase, zmanjšanje telesne maščobe in zmanjšanje razmerja med obsegom pasu in bokov ter povezavo med izmerjenim odstotkom telesne vode in izmerjeno mišično maso z analizatorjem telesne sestave. Poleg tega smo ugotavljali tudi učinek na ostale merjene podatke, ki smo jih imeli na razpolago. Do statistično pomembne spremembe je v 8-tedenski intervenciji prišlo le v povprečni metabolni starosti v skupini, ki je vnašala BCAA, in sicer se je ta statistično značilno povečala, medtem ko spremembe ostalih merjenih parametrov v raziskavi niso bile statistično pomembne. Prav tako ni bilo nobenih statistično pomembnih razlik med skupinama v spremembah merjenih parametrov ter v energijskem in hranilnem vnosu. Povezave med spremembo mišične mase in energijskim ter hranilnim vnosom prav tako niso bile statistično pomembne, vzrok za takšne rezultate pa je lahko nezanesljivost prehranskega dnevnika, ki mnogokrat podceni energijski in hranilni vnos, ki bi sicer naj bila povezana s spremembo mišične mase. V 8-tedenski intervenciji pa smo ugotovili nekaj statistično pomembnih povezav med spremembo mišične mase in ostalih merjenih parametrov (TM, obseg stegna) v skupini, ki je vnašala BCAA. Glavna ugotovitev te raziskave je, da lahko ima prehransko dopolnilo BCAA, vneseno med vsakim treningom 5-krat tedensko (1 odmerek oz. 10 g na trening) v 8-tedenskem programu vadbe za moč po metodi submaksimalnih mišičnih naprežanj ob povečanju TM učinek na pridobivanje mišične mase, ne pa tudi na zmanjšanje odstotka telesne maščobe in zmanjšanje razmerja med obsegom pasu in bokov. Ob povečanju mišične mase ima prehransko dopolnilo tudi učinek na povečanje obsega stegna, kar kaže na učinek na večje pridobivanje mišične mase v tem predelu.

Rezultati dosedanjih raziskav so si glede učinkov BCAA nasprotujoči, zato se BCAA uvrščajo med potencialno dokazana prehranska dopolnila, kar je bil eden izmed glavnih razlogov, da smo se odločili izvesti raziskavo na tem področju. Tako so naše ugotovitve v nasprotju z nekaterimi dosedanjimi ugotovitvami raziskav o učinku BCAA prehranskih dopolnil v povezavi z vadbo za moč na preučevane parametre (Kerksick idr., 2006; Spillane, Emerson in Willoughby; 2012), a so skladne z ugotovitvami nekaterih drugih raziskav (Saharan idr., 2019; Stoppani, Scheett, Pena, Rudolph in Charlebois, 2009). O učinkih BCAA je bilo izvedenih že veliko raziskav, vendar manj v povezavi z vadbo za moč, več pa jih je bilo opravljenih samo z dodatkom levcina, ki se ga med vadbo največ porablja, kar je razlog, da naj bi prehranska dopolnila vsebovala vsaj dvakrat več levcina od valina in izolevcina (Lipovšek, 2013). Shimomura, Murakami, Nakai, Nagasaki in Harris (2004) in Stark idr. (2012) navajajo, da je levcin skoraj tako učinkovit v stimulaciji beljakovinske sinteze kot vse BCAA skupaj, vendar bi lahko dodajanje levcina samega povzročilo neravnovesje med BCAA, medtem ko Hector in Phillips (2018) navajata, da izolevcin in valin zmanjšata absorpcijo levcina, ki naj bi bil najmočnejši stimulator mišične beljakovinske sinteze, ter tako zmanjšata njegove učinke, saj vse tri AK tekmujejo za isti BCAA transporter, kar naj bi bil razlog, da je dodajanje levcina samega bolj učinkovito. Tako že pri izbiri vrste prehranskega dopolnila naletimo na neenotne podatke, a smo se zaradi pogostejše uporabe kombinacije

vseh treh BCAA v praksi odločili, da v naši raziskavi namesto levcina uporabimo to kombinacijo. Izbrali smo AK razmerje 2 : 1 : 1 (levcin : izolevcin : valin), ki naj bi bilo varno za uporabo. Shimomura idr. (2004) namreč navajajo, da so raziskave toksičnosti pokazale varnost uporabe prehranskih dopolnil z BCAA, kadar so v podobnem razmerju kot v živalskih beljakovinah, in to je prav razmerje 2 : 1 : 1. Izbrali smo prehransko dopolnilo z vsebnostjo 3 g levcina na odmerek, saj Podlogar idr. (2017) in Stark idr. (2012) navajajo, da je optimalna količina levcina za spodbujanje maksimalne beljakovinske sinteze 3 – 4 g levcina na obrok. Pri pregledovanju ponudbe BCAA prehranskih dopolnil na trgu smo ugotovili, da je izbrano prehransko dopolnilo eno izmed redkih, ki vsebuje tolikšno količino levcina na odmerek, večina izdelkov namreč vsebuje manj.

V 8-tedenskem obdobju uporabe prehranskega dopolnila z BCAA med vadbo za moč nobena od preiskovank ni občutila kakršnekoli spremembe v smislu večje vzdržljivosti ali moči med treningi ali pa boljše oz. hitrejša regeneracije po treningu in zmanjšane mišične bolečine. Tudi dosedanje raziskave niso uspele dokazati BCAA kot ergogenega sredstva, razen ob popolni izpraznitvi glikogenskih zalog, prav tako ni dokazov, da bi pripomogle k povečanju moči (Lipovšek, 2013). So pa nekatere raziskave dokazale učinek na zmanjšanje zapoznele mišične bolečine (angl. »delayed-onset muscle soreness« – v nadaljevanju DOMS) in EIMD, kar ni v skladu z našimi ugotovitvami. Levcin naj bi namreč zmanjšal oksidacijo beljakovin po vadbi, ki je povzročila EIMD in močno stimuliral mišično beljakovinsko sintezo, kar nakazuje, da lahko dodajanje BCAA zmanjša EIMD in spodbuja okrevanje od nje, kar je pomemben del prilagoditvenega procesa na vadbo in omogoča daljše in intenzivnejše treninge (Dudgeon, Kelley in Scheett, 2016; Kerksick idr., 2006; Shimomura idr., 2006; Waldron idr., 2017). Preiskovanke v naši raziskavi ob uporabi BCAA niso občutile večje sposobnosti daljših ali intenzivnejših treningov. Shimomura idr. (2004) in Shimomura idr. (2006) navajajo, da dodajanje BCAA pred vadbo zmanjša DOMS in mišično utrujenost, kar kaže na uporabnost pri regeneraciji mišic po vadbi. Tudi Van Dusseldorp idr. (2018) in Waldron idr. (2017) so ugotovili učinek na zmanjšanje DOMS pri treniranih posameznikih, Shimomura idr. (2010) pa enak učinek pri netreniranih ženskah, kar nakazuje na koristnost dodajanja BCAA pri netreniranih posameznikih, ki telovadijo. Howatson idr. (2012) so prav tako ugotovili učinek dodajanja BCAA 7 dni pred vadbo in 4 dni po njej ter neposredno pred vadbo in po njej na zmanjšanje kazalcev EIMD in DOMS ter celo na zmanjšanje oslabiljene mišične funkcije in izboljšanje okrevanja po vadbi pri treniranih moških. Vendar pa Fouré in Bendahan (2017) navajata, da lahko dodatek BCAA zmanjša posledice EIMD le v določenih pogojih, sicer pa je njihova učinkovitost slaba in direktnih dokazov o pozitivnih učinkih na EIMD ni. Na EIMD pozitivno vplivajo predvsem, kadar je ta nizka do zmerna in je dnevni vnos BCAA visok (več kot 200 mg/kg/dan) dlje časa (več kot 10 dni), še posebej pa so učinkovite, kadar so zaužite nekaj tednov oz. dni (vsaj 7) pred vadbo, ki je povzročila mišično poškodbo (Fouré in Bendahan, 2017). V naši raziskavi smo ciljali na obsežno EIMD, kar je možen razlog, da do pozitivnih učinkov dodajanja BCAA ni prišlo, poleg tega pa nismo imeli pregleda nad celodnevni vnosom BCAA preiskovank v času raziskave, zato je možno, da je bil ta nižji od navedenega. Vnos BCAA je v naši raziskavi sicer trajal dlje časa (8 tednov), niso pa bile zaužite tedne pred vadbo, kar naj bi vplivalo na večjo učinkovitost pri izboljšanju

regeneracije, zato je možno, da so bili učinki nezaznavni. Možno tudi, da je bil urnik vnosa prehranskega dopolnila napačen, preiskovanke so namreč vnašale BCAA med vadbo, ki je trajala približno 1,5 ure, možno pa je, da bi bil učinek opazen, če bi BCAA vnašale pred vadbo in/ali po njej kot npr. v raziskavah, ki so ugotovile pozitivne učinke na EIMD in DOMS. Poleg tega naši podatki temeljijo le na subjektivnem zaznavanju preiskovank, zato niso najbolj zanesljivi. So pa naše ugotovitve v skladu z ugotovitvami raziskave avtorjev Kirby idr. (2011), ki niso uspeli dokazati, da visoke doze levcina, vnesenega pred in med vadbo ter po njej, zmanjšajo porast kazalcev EIMD. Tudi Kephart idr. (2016) ne ugotavljajo učinkov vnosa BCAA po vadbi za moč na kazalce okrevanja ter na zmanjšanje DOMS pri treniranih moških.

Številne raziskave so potrdile učinkovitost dodajanja BCAA pri spodbujanju in regulaciji beljakovinske sinteze ter zaviranju njihove razgradnje po vadbi, kar naj bi vodilo v povečanje mišične mase, predvsem kadar je vnos kombiniran z vadbo za moč, kar naj bi povzročilo večje povečanje mišične mase kot sama vadba za moč (Dudgeon idr., 2016; Spillane idr., 2012). Še najbolj enotni so si dokazi o antikatabolnem delovanju BCAA – zmanjšale naj bi z vadbo povzročeno razgradnjo mišičnih beljakovin s spodbujanjem antikatabolnega hormonalnega profila, s čimer pripomorejo k možnosti večje sinteze v fazi obnove, kar vodi do boljše regeneracije, zato lahko izboljšajo pridobivanje mišične mase, kar pomeni, da jih je smiselno uživati pred in med vadbo (Fouré in Bendahan, 2017; Kreider, 1999; Lipovšek, 2013). Nekatere raziskave so pokazale, da povišana koncentracija BCAA med vadbo kot posledica njihovega vnosa pozitivno vpliva na razmerje testosterona in kortizola, naj pa bi imele tudi stimulativni učinek na rastni hormon (Dervišević in Vidmar, 2011; Lipovšek, 2013). Tudi Sharp in Pearson (2010) sta ugotovila, da dodajanje BCAA zniža povišan nivo kortizola, ki ga povzroči intenzivna vadba in tako deluje antikatabolno ter poviša nivo testosterona pri treniranih moških.

V skupini, ki je vnašala BCAA, je v 8-tedenski intervenciji v povprečju prišlo do rahle izgube mišične mase, medtem ko se je v skupini brez vnosa BCAA mišična masa v povprečju rahlo povečala, a obe spremembi nista bili statistično značilni. Prav tako ni bilo statistično značilnih razlik v spremembi mišične mase med skupinama. Smo pa v skupini, ki je vnašala BCAA, ugotovili statistično značilno povezavo med spremembo TM in spremembo mišične mase, ki je pozitivna, kar pomeni, da se je tistim, ki se jim je povečala TM, povečala tudi mišična masa, tistim, ki se je TM zmanjšala, pa se je zmanjšala tudi mišična masa. V tej skupini obstaja tudi statistično značilna povezava med spremembo mišične mase in spremembo obsega stegna, ki je pozitivna, kar pomeni, da se je ob povečanju mišične mase povečal tudi obseg stegna, ob zmanjšanju mišične mase pa se je tudi obseg stegna zmanjšal. V drugi skupini ti dve povezavi nista bili statistično značilni. Ti rezultati nakazujejo, da čeprav se vsem preiskovankam nista povečali TM in mišična masa, ki se je v povprečju celo znižala, lahko ima dodatek BCAA v povezavi z vadbo za moč ob povečanju TM učinek na pridobivanje mišične mase, ki se v tej skupini odraža s povečanjem obsega stegna, kar kaže na učinek BCAA na pridobivanje mišične mase v tem predelu.

V dosedanjih raziskavah so bili učinki BCAA na povečano beljakovinsko sintezo večinoma ugotovljeni v tistih raziskavah, ki so vključevale enkratno vadbo za moč in ne dlje trajajočo ponavljajočo se vadbo, pri kateri dodajanje BCAA naj ne bi imelo učinka na povečanje mišične mase in moči. S številnimi zaporednimi treningi pride namreč do številnih prilagoditev telesa, zato je potrebna previdnost pri interpretaciji rezultatov raziskav, ki vključujejo enkratno vadbo (Spillane idr., 2012). Kljub temu pa so tudi nekatere dlje trajajoče raziskave uspele dokazati učinek BCAA na pridobivanje mišične mase, kot smo uspeli dokazati v naši dlje trajajoči raziskavi. Na primer Stoppani idr. (2009) so v 8-tedenski raziskavi ugotovili največji prirast mišične mase in moči v povezavi z vadbo za moč v skupini, ki je vnašala BCAA, v primerjavi s sirotkinimi beljakovinami in OH. Tudi Saharan idr. (2019) so v 45 dni trajajoči raziskavi ugotovili, da dodajanje 3 g levcina na dan lahko poveča mišično rast in moč pri obiskovalcih fitnesa. Vendar gre tukaj za dodajanje samega levcina, ki lahko ima drugačne učinke kot kombinacija vseh treh AK, saj ni možnosti, da bi izolevcin in valin zavrla absorpcijo in s tem učinke levcina. Večina ostalih dlje trajajočih raziskav ni uspelo dokazati učinkov BCAA na povečanje mišične mase v povezavi z vadbo za moč. Spillane idr. (2012) so npr. v 8-tedenski raziskavi na netreniranih moških ugotovili, da dodajanje BCAA 4-krat tedensko pred vadbo za moč in po njej, nima prednostnih učinkov na telesno sestavo in moč. Tudi Kerksick idr. (2006) v 10-tedenski raziskavi ne ugotavljajo učinka BCAA iz sirotkinih beljakovin na spremembo telesne sestave v povezavi z vadbo za moč 4-krat tedensko. Učinkov na telesno sestavo in moč prav tako ne ugotavljajo tudi Coburn idr. (2006), ki so v 8-tedenski raziskavi 3-krat na teden dodajali levcin v kombinaciji s sirotkinimi beljakovinami pred vadbo in po njej. Tudi Pontes Ferreira, Li, Cooke, Kreider in Willoughby (2014) ugotavljajo, da dodajanje kombinacije OH in BCAA pred vadbo nima večjega učinka na kazalce mišične beljakovinske sinteze v primerjavi z vnosom samih OH, kar nakazuje na neučinkovitost BCAA pri spodbujanju beljakovinske sinteze. Ugotovitve raziskav, v katerih je šlo za dodajanje sirotkinih beljakovin oz. kombinacije OH in BCAA, niso primerljive z našimi, saj gre za drugo vrsto prehranskega dopolnila, ki lahko ima drugačne učinke. Poleg tega je primerjava raziskav otežena tudi zaradi razlik v eksperimentalnih pristopih, trajanju raziskave, količini uporabljenega prehranskega dopolnila in urniku vnosa, stopnji treniranosti preiskovancev, treningih, prehrani in drugih dejavnikih (Dudgeon idr., 2016).

Slabost analizatorjev telesne sestave, ki delujejo na podlagi bioelektrične impedančne analize, ki temelji na razliki v prevajanju električnega toka (pusta TM z visoko vsebnostjo in elektrolitov je dober prevodnik, maščoba pa ne prevaja električnega toka), je nenatančnost, saj na rezultate meritev vplivajo številni dejavniki, kot je čas v dnevu, menstrualni cikel pri ženskah, temperatura kože ter vsebnost vode v telesu, ki vpliva na prehajanje toka skozi telo ter s tem na izmerjeno mišično maso in telesno maščobo, zato je pri izvajanju meritev pomembna zadostna hidracija, pri dehidraciji namreč tok ne bo dobro prešel skozi pusto maso, kar bo imelo za posledico višji delež zaznane telesne maščobe in nižjo izmerjeno mišično maso (Bean, 2013; Malinar, 2001; Shaw, Nana in Broad, 2015). Takšen analizator smo uporabili tudi v naši raziskavi, v kateri smo ugotovili statistično značilno povezavo med izmerjenim odstotkom telesne vode in mišično maso le v skupini brez vnosa BCAA, kjer je

bila ta pozitivna, kar pomeni, da se ob povečanju izmerjenega odstotka telesne vode poveča tudi izmerjena mišična masa, ob zmanjšanju izmerjenega odstotka telesne vode pa se tudi izmerjena mišična masa zmanjša. Vzroki, da nismo uspeli dokazati statistično značilne povezave v obeh skupinah, so lahko različni pogoji merjenja, na primer razlika v času od zadnjega obroka in zadnjega treninga, v količini popite tekočine in temperaturi ter vlažnosti kože.

Ugotovili smo zelo močno pozitivno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo BMR v obeh skupinah, kar pomeni, da se je tistim, ki se jim je mišična masa povečala, povečal tudi BMR oz. tistim, ki se jim je mišična masa zmanjšala, se je zmanjšal tudi BMR. Ti rezultati so v skladu z dosedanjimi podatki, mišična masa je namreč zelo presnovno aktivna in je velik porabnik energije v mirovanju (Manore in Thompson, 2015). Večja mišična masa pomeni torej večji BMR.

BCAA naj bi predvsem na hipokalorični dieti vplivale na homeostazo glukoze in promet beljakovin, levcin pa naj bi aktiviral celično energijsko presnovo, kar naj bi povečalo oksidacijo maščobnih kislin v adipocitih, ter povečal občutek sitosti zaradi stimulacije sproščanja leptina, kar nakazuje, da lahko dodajanje levcina ali BCAA zmanjša TM in telesno maščobo ter izboljša presnovo glukoze (Duan idr., 2015; Honda idr., 2015; Layman, 2003). Številne raziskave so potrdile učinek BCAA na zmanjšanje telesne maščobe in velik pozitiven učinek na večjo izgubo trebušne maščobe ob hipokalorični dieti (Bean, 2013; Lipovšek, 2013). Mourier idr. (1997) so na poklicnih rokoborcih ugotovili, da pride pri hipokalorični dieti z visoko vsebnostjo BCAA v primerjavi z drugimi hipokaloričnimi dietami do pomembno večjega znižanja TM in telesne maščobe ter do pomembnega znižanja visceralne maščobe. Tudi Mero (1999) navaja pomemben učinek BCAA v kombinaciji z zmerno energijsko restrikcijo na zmanjšanje visceralne maščobe. Jitomir in Willoughby (2008) navajata, da po 16 tednih visoko beljakovinske hipokalorične diete z visoko vsebnostjo levcina pride do večjega znižanja TM in telesne maščobe ter večje ohranitve mišične mase v primerjavi s hipokalorično dieto z visoko vsebnostjo OH. Edina raziskava, ki smo jo zasledili, v kateri preiskovanci niso sledili hipokalorični dieti, ampak so ohranjali enake prehranjevalne vzorce kot pred raziskavo, je raziskava avtorjev Stoppani idr. (2009), ki so raziskovali učinke uživanja BCAA na zmanjšanje maščobne mase v povezavi z vadbo za moč in so v 8-tedenski raziskavi ugotovili največjo izgubo telesne maščobe v skupini, ki je vnašala BCAA, v primerjavi s sirotkinimi beljakovinami in OH. Večina podatkov o učinku BCAA na zmanjšanje telesne maščobe je torej v povezavi s hipokalorično dieto, v naši raziskavi pa so bile preiskovanke z namenom pridobivanja mišične mase na hiperkalorični dieti, zato rezultati niso primerljivi z dosedanjimi rezultati raziskav. V skupini, ki je vnašala BCAA, sta se odstotek telesne maščobe in stopnja visceralne maščobe v povprečju povečala, medtem ko sta se v skupini brez vnosa zmanjšala, a te spremembe niso bile statistično pomembne. Statistično značilno povezavo med spremembo mišične mase in spremembo odstotka telesne maščobe ter stopnje visceralne maščobe pa smo ugotovili le v skupini, ki ni vnašala BCAA. Povezava je negativna, kar pomeni, da se ob povečanju mišične mase zmanjša odstotek telesne maščobe in stopnja visceralne maščobe, ob zmanjšanju mišične mase pa se odstotek telesne maščobe in

stopnja visceralne maščobe povečata. Te ugotovitve nakazujejo, da BCAA ob energijskem suficitu nimajo učinka na zmanjšanje odstotka telesne maščobe in zmanjšanje stopnje visceralne maščobe v povezavi z vadbo za moč. Na podlagi dosedanjih raziskav lahko sklepamo, da imajo takšen učinek le ob energijskem deficitu.

V zvezi z učinkom BCAA na razmerje med obsegom pasu in bokov smo našli le raziskave oz. podatke, ki kažejo na pozitivno povezavo med serumskimi nivoji BCAA in tem razmerjem pri diabetikih, medtem ko podatkov o učinku prehranskega dopolnila BCAA na razmerje med obsegom pasu in bokov v povezavi z vadbo za moč skoraj nismo zasledili. Saharan idr. (2019) so pri moških obiskovalcih fitnesa ugotovili statistično pomembno povečanje razmerja med obsegom pasu in bokov v 45 dneh v skupini, ki je dodajala BCAA, medtem ko v placebo skupini do spremembe razmerja ni prišlo. V naši raziskavi ni prišlo do statistično pomembne spremembe tega razmerja v nobeni skupini, prav tako ni bilo statistično značilnih razlik med skupinama. Tudi povezave med spremembo mišične mase in spremembo tega razmerja nismo uspeli dokazati v nobeni skupini. Na podlagi tega lahko sklepamo, da BCAA v povezavi z vadbo za moč kot tudi vadba za moč brez dodatka BCAA ob energijskem suficitu nimata učinka na zmanjšanje razmerja med obsegom pasu in bokov. Vendar pa Kay in Fiatarone Sigh (2005) navajata, da lahko pride do zmanjšanja visceralne in celotne trebušne maščobe brez sprememb TM in obsega pasu, zato razmerje med obsegom pasu in bokov ni ravno zanesljiv kazalec sprememb razporeditve telesne maščobe v raziskavah, ki vključujejo telesno aktivnost. Poleg tega lahko imajo zelo suhi in ekstremno debeli posamezniki ali pa posamezniki z zelo nizkim ali visokim nivojem visceralne maščobe enako razmerje, razmerje pa lahko ostane enako tudi, če se zmanjša ali poveča obseg pasu in bokov (Kay in Fiatarone Sigh, 2005).

Kljub pomanjkanju močnih dokazov o učinkovitosti prehranskih dopolnil z BCAA se ti izdelki tržijo kot sredstva za povečanje mišične mase in moči, športniki pa jih še naprej uživajo, čeprav je cena BCAA prehranskih dopolnil mnogo višja, kot če bi BCAA zaužili z navadno hrano (Kristan, 2014; Spillane, Emerson in Willoughby, 2012).

5.1 Omejitve raziskave

Pri naši raziskavi obstajajo določene omejitve, in sicer:

- Ugotovitve so podane pri spremljanju le 10 preiskovank, zato jih ne moremo posploševati;
- Problematičen je lahko sam izbor preiskovank (njihove genetske lastnosti, biokemija, fiziologija);
- Odstotek možne napake pri meritvah telesne sestave je lahko dokaj visok (tudi 10 – 15 %) in je odvisen od številnih dejavnikov (Rebec, 2007);
- Pridobivanje mišične mase je počasen proces, zato so pri tako majhnem vzorcu in relativno kratkem času raziskave prirastki majhni in praktično nezaznavni (Podlogar idr., 2017);

- V raziskavo so bile vključene le ženske, ki težje pridobivajo mišično maso kot moški, zato so prirastki majhni oz. nezaznavni v tako kratkem času;
- Na pridobivanje mišične mase vplivajo številni dejavniki, ki so lahko vplivali na razlike v pridobivanju mišične mase med skupinama;
- Podatki o zaužitih živilih, pridobljeni s prehranskim dnevnikom, so lahko pomanjkljivi (nenatančnost), napačni zaradi napačne percepcije količine in tipa ali količine živil ali pa prirejeni z namenom, da se neprimeren izbor živil prikrije ali da se s prehranskim vnosom naredi vtis, zaradi česar se energijski in hranilni vnos največkrat podceni (Deakin, Kerr in Boushey, 2015);
- Preiskovanke niso sledile predpisanemu prehranskemu načrtu, zato obstaja možnost razlik v prehranskem vnosu med obema intervencijama, kar vpliva na rezultate;
- Nimamo podatka o vneseni dnevni količini BCAA z normalno hrano;
- Preiskovanke so določale 1RM in izvajale treninge brez nadzora, zato obstaja možnost nepravilne ali pomanjkljive izvedbe;
- Tri preiskovanke so izvajale 2 – 3 vaje, ki so se razlikovale od vaj, ki so jih izvajale ostale preiskovanke;
- Ker so preiskovanke začele z novim programom treningov šele z začetkom raziskave, je v prvi intervenciji možen vpliv novega programa na povečanje mišične mase;
- Problem je lahko učinek prenosa učinkov BCAA v naslednjo intervencijo zaradi relativno kratkega obdobja spiranja;
- BCAA prehransko dopolnilo so preiskovanke uživale le na dneve treningov. Možno je, da bi dobili drugačne rezultate, če bi vnašale to dopolnilo tudi v dnevih, ko niso trenirale;
- Možno je, da 10 g BCAA ob tako naporni vadbi za moč ni dovolj velika količina, da bi izzvala dovolj velike učinke na telesno sestavo.

6 ZAKLJUČEK

Med rednimi obiskovalci fitnessov je zelo pogosta uporaba vsaj enega prehranskega dopolnila. Ta so v zadnjem času močno pridobila na popularnosti, posledica tega pa je, da je na razpolago ogromno najrazličnejših izdelkov. Vendar pa je ob današnji poplavi športnih prehranskih dopolnil težko izbrati takšnega, ki je varen za uporabo, hkrati pa zagotavlja učinke, ki jih obljublja. Ogromno teh izdelkov namreč nima znanstveno dokazanih učinkov, trditve o njihovih učinkih, ki jih obljublja industrija športne prehrane, so namreč nastale večinoma na podlagi kratkotrajnih raziskav, ki vključujejo enkratno vadbo in ne dlje trajajoče ponavljajoče vadbe. Zaradi tega smo v magistrski nalogi v dlje trajajoči raziskavi skušali razjasniti učinek BCAA kot enega izmed pogosto uporabljenih prehranskih dopolnil med obiskovalci fitnessov na povečanje mišične mase, zmanjšanje odstotka telesne maščobe ter zmanjšanje razmerja med obsegom pasu in bokov, saj so ugotovitve dosedanjih raziskav glede njihovih učinkov zelo neenotne. Zanimalo nas je tudi, ali je izmerjen odstotek telesne vode z analizatorjem telesne sestave povezan z izmerjeno mišično maso. Ugotovili smo, da lahko ima prehransko dopolnilo BCAA, vneseno med vsakim treningom 5-krat tedensko (1 odmerek oz. 10 g na trening) v 8-tedenskem programu vadbe za moč in ob hiperkalorični prehrani, učinek na pridobivanje mišične mase ob povečanju TM, ne pa tudi na zmanjšanje odstotka telesne maščobe in zmanjšanje razmerja med obsegom pasu in bokov. Ob povečanju mišične mase ima tudi učinek na povečanje obsega stegna, kar kaže na učinek na večje pridobivanje mišične mase v tem predelu. Povezavo med izmerjenim odstotkom telesne vode (hidracijo) in izmerjeno mišično maso pa smo ugotovili le v skupini, ki ni vnašala BCAA.

Preoblikovanje postave in pridobivanje mišične mase sta počasna procesa, zato so spremembe v krajšem obdobju majhne in praktično nezaznavne, nanju sovplivajo številni dejavniki, zaradi česar je težko oceniti učinek prehranskega dopolnila, saj je potrebno pravilno upoštevati še druge dejavnike. Problem lahko predstavljajo tudi nenatančna metodologija in merilni instrumenti, zato so potrebne dodatne dolgotrajne raziskave z večjim vzorcem in nadzorovanim prehranskim vnosom, kjer bo uporabljena natančna metodologija in merilni instrumenti. Ugotovitve so lahko v pomoč obiskovalcem fitnessov, dietetikom in trenerjem, da si odgovorijo na pogosto zastavljeno vprašanje o dejanski učinkovitosti dopolnila pri zagotavljanju obljubljenih rezultatov. Tako bodo lahko kritično presodili o ustreznosti in učinkovitosti dopolnila in se na podlagi dokazov odločali o uporabi izdelka ter se raje osredotočili na pomembnejše dejavnike, ki vplivajo na pridobivanje mišične mase, kar jim bo pomagalo pri doseganju zelenega napredka in cilja.

7 VIRI

- Apró, W. in Blomstrand, E. (2010). Influence of supplementation with branched-chain amino acids in combination with resistance exercise on p70S6 kinase phosphorylation in resting and exercising human skeletal muscle. *Acta physiologica*, 200(3), 237–248.
- Bajič, B. (2015). "Hočeš še naprej, hočeš še naprej!": interpretacija trenutkov ekstaze v vadbi fitnesa. *Glasnik Slovenskega etnološkega društva*, 55(3), 38–48.
- Bean, A. (2013). *The complete guide to sports nutrition* (7th ed.). London: Bloomsbury.
- Berke, D. (2016). *Sodobni načini testiranja telesnih zmogljivosti v fitnesu* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Bertalanich, B. (2002). Prehrana pred in po vadbi. V Sokolska zveza Slovenije (ur.), *S športom je življenje lepše: fitnes in aerobika* (str. 32–34). Ljubljana: Sokolska zveza Slovenije.
- Blinč, A. in Bresjanac, M. (2005). Telesna dejavnost in zdravje. *Zdravniški vestnik* 74(12), 771–777.
- Bunderla, M. (2008). *Aktivnost prebivalcev Slovenije na področju fitnesa v povezavi z nekaterimi socialno demografskimi značilnostmi* (diplomska naloga). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Burke, L. (2015). Nutrition for recovery after training and competition. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 420–462). North Ryde: McGraw-Hill.
- Burke, L. in Cato, L. (2015). Supplements and sports food. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 493–591). North Ryde: McGraw-Hill.
- Clarkson, M. P. in Rawson, S. E. (1999). Nutritional supplements to increase muscle mass. *Critical reviews in food science and nutrition*, 39(4), 317–328.
- Coburn, J. W., Housh, D. J., Housh, T. J., Malek, M. H., Beck, T. W., Cramer, J. T., ... Donlin, P. E. (2006). Effects of leucine and whey protein supplementation during eight weeks of unilateral resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 20(2), 284–291.
- Čajavec, R. (2001). Medicina športa. V R. Čajavec (ur.), *Medicina športa: prehrana: zbornik* (str. 15–50). Celje: Samozaložba.
- Deakin, V., Kerr, D. in Boushey, C. (2015). Dietary assessment of athletes: clinical and research perspectives. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 27–53). North Ryde: McGraw-Hill.
- Dervišević, E. in Vidmar, J. (2011). *Vodič športne prehrane*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Devries, M. C. in Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *Journal of food science*, 80(S1), A8–A15.

- Dideriksen, K., Reitelseder, S. in Holm, L. (2013). Influence of amino acids, dietary protein, and physical activity on muscle mass development in humans. *Nutrients*, 5(3), 852–876.
- Duan, Y., Li, F., Liu, H., Li, Y., Liu, Y., Kong, X., ... Yin, Y. (2015). Nutritional and regulatory roles of leucine in muscle growth and fat reduction. *Frontiers in bioscience*, 20(4), 796–813.
- Dudgeon, W. D., Kelley, E. P. in Scheett, T. P. (2016). In a single-blind, matched group design: branched-chain amino acid supplementation and resistance training maintains lean body mass during a caloric restricted diet. *Journal of the international society of sports nutrition*, 13(1), 1–10.
- Duh, S. (2013). Priporočila zdravnika družinske medicine rekreativnim športnikom. V E. Zelko (ur.), *Fizikalna medicina, rehabilitacija in zdraviliško zdravljenje v ambulantni družinske medicine: zbornik predavanj / VI. Zdravčevi dnevi, Moravske Toplice, 13.-14. september 2013* (str. 49–56). Ljubljana: Zavod za razvoj družinske medicine.
- Fogelholm, M. (2015). Micronutrients: vitamins, minerals and antioxidants. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 310–345). North Ryde: McGraw-Hill.
- Fouré, A. in Bendahan, D. (2017). Is branched-chain amino acids supplementation an efficient nutritional strategy to alleviate skeletal muscle damage? A systematic review. *Nutrients*, 9(10), 1–15.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports medicine*, 34(10), 663–679.
- Glinšek, S. (2016). *Poslovni načrt za ustanovitev inovativnega fitnes centra* (zaključna projektna naloga). Koper: Univerza na Primorskem, Fakulteta za management.
- Gundersen, K. (2016). Muscle memory and a new cellular model for muscle atrophy and hypertrophy. *Journal of experimental biology*, 219(2), 235–242.
- Hector, A. J. in Phillips, S. M. (2018). Protein recommendations for weight loss in elite athletes: a focus on body composition and performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(2), 170–177.
- Honda, T., Kobayashi, Y., Togashi, K., Hasegawa, H., Iwasa, M., Taguchi, O., ... Sumida, Y. (2015). Associations among circulating branched-chain amino acids and tyrosine with muscle volume and glucose metabolism in individuals without diabetes. *Nutrition*, 32(5), 531–538.
- Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G. in French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the international society of sports nutrition*, 9(20), 1–7.
- Jitomir, J. in Willoughby, D. S. (2008). Leucine for retention of lean mass on a hypocaloric diet. *Journal of medicinal food*, 11(4), 606–609.

- Kay, S. J. in Fiatarone Sigh, M. A. (2005). The influence of physical activity on abdominal fat: a systematic review of the literature. *Obesity reviews*, 7(2), 183–200.
- Kephart, W. C., Mumford, P. W., McCloskey, A. E., Holland, A. M., Shake, J. J., Mobley, C. B., ... Roberts, M. D. (2016). Post-exercise branched chain amino acid supplementation does not affect recovery markers following three consecutive high intensity resistance training bouts compared to carbohydrate supplementation. *Journal of the international society of sports nutrition*, 13(30), 1–10.
- Kerksick, C. M., Rasmussen, C. J., Lancaster, S. L., Magu, B., Smith, P., Melton, C., ... Kreider, R. B. (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 20(3), 643–653.
- Kirby, T. J., Triplett, T. N., Haines, T. L., Skinner, J. W., Fairbrother, K. R. in McBride, J. M. (2011). Effect of leucine supplementation on indices of muscle damage following drop jumps and resistance exercise. *Amino acids*, 42(5), 1987–1996.
- Kovačič, J. (2015). *Vrste beljakovin in vpliv na telo z vidika njihove presnove pri športniku* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Kreider, R. B. (1999). Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports medicine*, 27(2), 97–110.
- Krumpak, J. (2002). Koliko kalorij. V Sokolska zveza Slovenije (ur.), *S športom je življenje lepše: Fitnes in aerobika* (str. 22–23). Ljubljana: Sokolska zveza Slovenije.
- Layman, D. K. (2003). The role of leucine in weight loss diets and glucose homeostasis. *The journal of nutrition*, 133(1), S261–S267.
- Lipovšek, S. (2007). *Načrtovanje treninga v atletskih metih* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Lipovšek, S. (2013). *Moč prehrane v športu: kako s prehrano in prehranskimi dopolnili doseči svoj največji potencial in zmogljivost*. Ljubljana: Samala.
- Majerle, T. (2002a). Preden začnete? V Sokolska zveza Slovenije (ur.), *S športom je življenje lepše: Fitnes in aerobika* (str. 6–12). Ljubljana: Sokolska zveza Slovenije.
- Majerle, T. (2002b). Športna prehrana. V Sokolska zveza Slovenije (ur.), *S športom je življenje lepše: Fitnes in aerobika* (str. 24–26). Ljubljana: Sokolska zveza Slovenije.
- Malinar, R. (2001). Antropometrija. V R. Čajavec (ur.), *Medicina športa: prehrana: zbornik* (str. 51–54). Celje: Samozaložba.
- Manore, M. M. in Thompson, J. L. (2015). Energy requirements of the athlete: assessment and evidence of energy efficiency. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 114–163). North Ryde: McGraw-Hill.

- Martinez Sanz, J. M., Norte Navaro, A., Salinaz Garcia, E. in Sospedra Lopez, I. (2019). V D. Bagchi, S. Nair in C. K. Sen (ur.), *Nutrition and enhanced sports performance: muscle building, endurance and strength* (2nd ed.) (str. 509–519). London: Academic press.
- Maughan, R. J. in Shirreffs, S. M. (2015). Physiology of sports. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 1–26). North Ryde: McGraw-Hill.
- Mero, A. (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports medicine*, 27(6), 347–358.
- Moore, D., Phillips, S. in Slater, G. (2015). Protein. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 94–113). North Ryde: McGraw-Hill.
- Mori, M. (2013). Prehranska dopolnila in rekreativni športnik: Primer prakse rekreativnega športnika. V N. Rotovnik Kozjek (ur.), *Kongres klinične prehrane in presnovne podpore z mednarodno udeležbo: konferenčni zbornik / 2. kongres klinične prehrane in presnovne podpore, Portorož, 15.-17. november 2013* (str. 34–43). Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano.
- Mourier, A., Bigard, A. X., Kerviler, E., Roger, B., Legrand, H. in Guezennec, C. Y. (1997). Combined effects of caloric restriction and branched-chain amino acid supplementation on body composition and exercise performance in elite wrestlers. *International journal of sports medicine*, 18(1), 47–55.
- Mrak, M. (2002). Optimalna hidracija. V Sokolska zveza Slovenije (ur.), *S športom je življenje lepše: fitnes in aerobika* (str. 35). Ljubljana: Sokolska zveza Slovenije.
- Otoničar, L. (2013). *Prehranska dopolnila pri treningu za povečanje mišične mase* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Pasiakos, S. M. (2012). Exercise and amino acid anabolic cell signaling and the regulation of skeletal muscle mass. *Nutrients*, 4(7), 740–758.
- Petrović, S., Sepohar, J., Zaletel, P., Černoš, T., Praprotnik, U. in Mrak, M. (2005). *Pot do uspeha: multimedijski osebni trener*. Ljubljana: Palestra.
- Phillips, S. M. in Van Loon, L. J. C. (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Journal of sports sciences*, 29(Suppl. 1), S29–S38.
- Podlogar, T., Kolar, J. in Goršek, T. (2017). Beljakovine, esencialno hranilo za človeka. Kdaj, kaj in koliko? *Šport: revija za teoretična in praktična vprašanja športa*, 65(1), 87–94.
- Pokorn, D. (1998). *Gorivo za zmagovalce: prehrana športnika in rekreativca*. Ljubljana: Forma 7.
- Pontes Ferreira, M., Li, R., Cooke, M., Kreider, R. B. in Willoughby, D. S. (2014). Periexercise coingestion of branched-chain amino acids and carbohydrate in men does not preferentially augment resistance exercise-induced increases in phosphatidylinositol 3 kinase/protein kinase B–mammalian target of rapamycin pathway markers indicative of muscle protein synthesis. *Nutrition research*, 34(3), 191–198.

- Pori, P., Pori, M. in Vidič, S. (2016). *251 vaj moči za radovedne*. Ljubljana: Športna unija Slovenije.
- Rebec, V. (2007). *Primerjava nekaterih razsežnosti psihosomatičnega statusa po petmesečni vadbi dveh različnih skupin vadečih* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Rotovnik Kozjek, N. (2004). *Gibanje je življenje*. Ljubljana: Založba Domus.
- Rotovnik Kozjek, N. (2013). Prehrana vrhunškega športnika. V N. Rotovnik Kozjek (ur.), *Kongres klinične prehrane in presnovne podpore z mednarodno udeležbo: konferenčni zbornik / 2. kongres klinične prehrane in presnovne podpore, Portorož, 15.-17. november 2013* (str. 24–26). Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano.
- Saharan, R., Pathak, R. in Awasthi, M. (2019). Effect of leucine supplementation in muscle growth in gym goers. *International journal of physiology, nutrition and physical education*, 4(1), 1603–1606.
- Seaborne, R. A., Strauss, J., Cocks, M., Shepherd, S., O'Brien, T. D., Van Someren, K. A., ... Sharples, A. P (2018). Human skeletal muscle possesses an epigenetic memory of hypertrophy. *Scientific report*, 1898(8), 1–17.
- Sharp, C. P. M. in Pearson, D. R. (2010). Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 24(4), 1125–1130.
- Shaw, G., Nana, A. in Broad, E. (2015). Physique assessment of the athlete. V L. Burke in V. Deakin (ur.), *Clinical sports nutrition* (str. 54–93). North Ryde: McGraw-Hill.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., ... Mawatari, K. (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 236–244.
- Shimomura, Y., Murakami, T., Nakai, N., Nagasaki, M. in Harris, R. A. (2004). Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *The journal of nutrition*, 134(Suppl. 6), S1583–S1587.
- Shimomura, Y., Yamamoto, Y., Bajotto, G., Sato, J., Murakami, T., Shimomura, N., ... Mawatari, K. (2006). Nutraceutical effects of branched-chain amino acids on skeletal muscle. *The journal of nutrition*, 136(2), S529–S532.
- Stark, M., Lukaszuk, J., Prawitz, A. in Salacinski, A. (2012). Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. *Journal of the international society of sports nutrition*, 9(45), 1–8.
- Stepišnik Krašovec, F. (2015). *Časovni potek pridobivanja mišične mase v 16 tednih vadbe za moč* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Stoppani, J., Scheett, T., Pena, J., Rudolph C. in Charlebois D. (2009). Consuming a supplement containing branched-chain amino acids during a resistance-training program

increases lean mass, muscle strength and fat loss. *Journal of the international society of sports nutrition*, 6(Suppl. 1), 1.

Topole, E. (2013). Prehranska dopolnila za športnike – kaj je znanstveno utemeljeno? V N. Rotovnik Kozjek (ur.), *Kongres klinične prehrane in presnovne podpore z mednarodno udeležbo: konferenčni zbornik / 2. kongres klinične prehrane in presnovne podpore, Portorož, 15.-17. november 2013* (str. 27–31). Ljubljana: Slovensko združenje za klinično prehrano.

Van Dusseldorp, T. A., Escobar, K. A., Johnson, K. E., Stratton, M., T., Moriarty, T., Cole, N., ... Mermier, C. M. (2018). Effect of branched-chain amino acid supplementation on recovery following acute eccentric exercise. *Nutrients*, 10(10), 1–15.

Waldron, M., Whelan, K., Jeffries, O., Burt, D., Howe, L., Patterson, S. D. (2017). The effects of acute branched-chain amino acid plementation on recovery from a single bout of hypertrophy exercise in resistance-trained athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 42(6), 630–63.

PRILOGE

PRILOGA 1: Primer 3-dnevnega prehranskega dnevnika

PRILOGA 2: Primer vadbenega programa

PRILOGA 1: Primer 3-dnevnega prehranskega dnevnika**PREHRANSKI DNEVNIK****Datum: 18. 2. 2019**

Ura	Živila v jedi Opis priprave jedi (kuhanje, pečenje, praženje, cvrtje...)	Količina (g, ml, dl, čajne žličke - ČŽ, jušne žlice - JŽ)
8:00	Mleko 1,5 %, Špar Ovseni kosmiči, Lidl (kuhanje) Beljaki, Špar (kuhanje) Banana Arašidovo maslo (100 %), My protein	1 dl 40 g 100 g 118 g 15 g
10:30	Domač biskvit s Skyrom in gozdnimi sadeži: Polnozrnata pirina moka Mleti orehi Jajca Skyr Domača marmelada gozdni sadeži	1 kos 3,32 g 7,06 g 29,88 g 16,6 g 16,6 g
13:00	Obrok po treningu: Bel riž, Zlato polje (kuhanje) Kefir, Kreпки suhec Sirotkini proteini, My protein Gozdni sadeži (zamrznjeni)	30 g 50 g 25 g 50 g
15:30	Polnozmat riž, Zlato polje (dušenje) Čebula (dušenje) Korenje (dušenje) Rdeča paprika (dušenje) Cvetača (dušenje) Brokoli (dušenje) Grah (dušenje) Oljčno olje Jajca (pečenje) Beljaki, Špar (pečenje) Solata Bučno olje (100 %), Štajersko	60 g 40 g 65 g 70 g 25 g 25 g 10 g 10 g 150 g 75 g 100 g 5 g
17:30	Domač biskvit s Skyrom in gozdnimi sadeži: Polnozrnata pirina moka Mleti orehi Jajca Skyr Domača marmelada gozdni sadeži	2 kosa 6,64 g 14,12 g 59,76 g 33,2 g 33,2 g
20:00	Polnozmat pirin kruh Humus Tuna v lastnem soku, Nixe Sir ementaler, Milbona Kisle kumarice, Zvijezda	100 g 50 g 30 g 45 g 50 g

Datum: 19. 2. 2019

Ura	Zivila v jedi Opis priprave jedi (kuhanje, pečenje, praženje, cvrtje...)	Količina (g, ml, dl, čajne žličke - ČŽ, jušne žlice - JŽ)
8:00	Mleko 1,5 %, Spar Ovseni kosmiči, Lidl (kuhanje) Beljaki, Spar (kuhanje) Banana Arašidovo maslo (100 %), My protein	1 dl 40 g 100 g 111 g 16 g
10:30	Domač biskvit s Skyrom in gozdnimi sadeži: Polnozrnata pirina moka Mleti orehi Jajca Skyr Domača marmelada gozdni sadeži	1 kos 3,32 g 7,06 g 29,88 g 16,6 g 16,6 g
13:00	Obrok po treningu: Bel riž, Zlato polje (kuhanje) Kefir, Kreпки suhec Sirotkini proteini, My protein Gozdni sadeži (zamrznjeni)	30 g 50 g 25 g 50 g
15:30	Polnozrnat riž, Zlato polje (dušenje) Čebula (dušenje) Korenje (dušenje) Rdeča paprika (dušenje) Cvetača (dušenje) Brokoli (dušenje) Grah (dušenje) Oljčno olje Jajca (pečenje) Solata Bučno olje (100 %), Štajersko	60 g 40 g 65 g 70 g 25 g 25 g 10 g 10 g 180 g 100 g 5 g
17:30	Domač biskvit s Skyrom in gozdnimi sadeži: Polnozrnata pirina moka Mleti orehi Jajca Skyr Domača marmelada gozdni sadeži	1,5 kosa 5 g 10,63 g 45 g 25 g 25 g
20:00	Polnozrnat pirin kruh Humus Mozzarella light, Lovilio Lidl Kisle kumarice, Zvijezda Čokoladne palčke, Merci	82 g 30 g 94 g 50 g 3

Datum: 20. 2. 2019

Ura	Zivila v jedi Opis priprave jedi (kuhanje, pečenje, praženje, cvrtje...)	Količina (g, ml, dl, čajne žličke - ČŽ, jušne žlice - JŽ)
8:00	Mleko 1,5 %, Spar Ovseni kosmiči, Lidl (kuhanje) Beljaki, Spar (kuhanje) Banana Arašidovo maslo (100 %), My protein	1 dl 40 g 100 g 113 g 16 g
10:30	Domač polnozrnat kruh Domač čokoladno lešnikov namaz (nutella)	41 g 20 g
13:00	Obrok po treningu: Ovseni kosmiči, Lidl Banana Kefir, Kreпки suhec Sirotkini proteini, My protein Gozdni sadeži (zamrznjeni)	20 g 60 g 50 g 25 g 50 g
15:30	Cebula (praženje) Rdeča paprika (praženje) Rjav fižol (praženje) Tuna v oljčnem olju, Mercator Domač staraš Oljčno olje	80 g 70 g 125 g 100 g 250 g 5 g
17:30	Jagode	100 g
20:00	Polbeli kruh Mozzarella light, Lovilio Lidl Sir gauda Premium, Jošt Paradižnik Domač avokadov namaz: Avokado Oljčno olje	110 g 79 g 30 g 60 g 33,5 g 2,5 g

PRILOGA 2: Primer vadbenega programa

VADBENI PROGRAM

1. Noge in prsi

Vaja	Teža bremena			
	1. intervencija		2. intervencija	
	Začetek	Po 4 tednih	Začetek	Po 4 tednih
Počep na vodilih s stopali rahlo navzven pod drogom	drog + 30 kg	drog + 35 kg	drog + 37,5 kg	drog + 40 kg
Obratna hiperekstenzija na klopi s potiskom droga na vodilih s stopali	drog + 24 kg	drog + 28 kg	drog + 30 kg	drog + 32,5 kg (2x) drog + 30 kg (2x)
Upogib kolena leže na trenažerju	25 kg	27,5 kg	30 kg (2x) 27,5 kg (2x)	30 kg
Odmik nog v počepu na trenažerju	75 kg	77,5 kg	80 kg	82,5 kg
Izpadni korak nazaj z ročkami	20 kg	24 kg	32 kg (2x) 24 kg (2x)	32 kg
Dvig na prste sede na trenažerju	30 kg	35 kg	37 kg	40 kg
Metuljček s škripci vpetimi zgoraj	2 x 12 kg	2 x 13,25 kg	2 x 15 kg	2 x 16,25 kg
Potisk s prsi s širokim prijemom na trenažerju	2 x 19 kg	2 x 20 kg	2 x 22 kg	2 x 25 kg
Metuljček z navpičnim prijemom na trenažerju	40 kg	42,5 kg	47,5 kg	52,5 kg

2. Hrbet in ramena

Vaja	Teža bremena			
	1. intervencija		2. intervencija	
	Začetek	Po 4 tednih	Začetek	Po 4 tednih
Priteg pred glavo	35 kg (2x) 30 kg (2x)	35 kg	37 kg	40 kg

Priteg za glavo	30 kg	32 kg	35 kg	40 kg (2x) 37 kg (2x)
Veslanje na trenažerju s komolci v višini ramen	2 x 17 kg	2 x 19 kg	2 x 21,25 kg	2 x 22 kg
Priteg pred glavo na trenažerju	2 x 17 kg	2 x 19 kg	2 x 21,25 kg	2 x 22 kg
Izteg trupa na klopi	15 kg	17 kg	20 kg	20 kg
Odmik rok z ročkami	2 x 6 kg	2 x 6 kg	2 x 7 kg	2 x 8 kg
Vijačni potisk nad glavo	2 x 7 kg	2 x 8 kg	2 x 9 kg (2x) 2 x 8 kg (2x)	2 x 9 kg
Nasprotni metuljček s škripcem vpetim zgoraj	2 x 10 kg (2x) 2 x 7 kg (2x)	2 x 10 kg	2 x 11,25 kg	2 x 12 kg
Dvig rok spredaj z ročkami	2 x 6 kg	2 x 7 kg	2 x 8 kg (2x) 2 x 7 kg (2x)	2 x 8 kg

3. Roke, prsi in trebušne mišice

Vaja	Teža bremena			
	1. intervencija		2. intervencija	
	Začetek	Po 4 tednih	Začetek	Po 4 tednih
Dvig nog v vesi	/	/	/	/
Upogib trupa na trenažerju	20 kg	22 kg	25 kg	27 kg
Metuljček s škripci vpetimi spodaj	2 x 7 kg	2 x 10 kg	2 x 11,25 kg	2 x 12 kg
Potisk s prsi z ročkami	2 x 10 kg (2x) 2 x 8 kg (2x)	2 x 12 kg (2x) 2 x 10 kg (2x)	2 x 12 kg	2 x 14 kg (3 x) 2 x 12 kg (1 x)
Potisk s prsi s širokim prijemom na trenažerju	2 x 19 kg	2 x 20 kg	2 x 22 kg	2 x 25 kg
Izteg komolcev ob telesu z vrvjo	25 kg (3x) 20 kg (1x)	25 kg	27 kg (2x) 25 kg (2x)	27 kg
Izteg komolcev nad glavo z ročko	14 kg (3x) 12 kg (1x)	14 kg	16 kg	16 kg

Izmenični vijačni upogib komolcev z ročkama	2 x 7 kg	2 x 8 kg	2 x 9 kg	2 x 10 kg
Upogib komolcev s škripcem	20 kg	22 kg	25 kg	27 kg
Upogib komolcev z Z palico	palica + 2 x 4 kg	palica + 2 x 5 kg	palica + 2 x 6,25 kg	palica + 2 x 7 kg

4. Noge in ramena

Vaja	Teža bremena			
	1. intervencija		2. intervencija	
	Začetek	Po 4 tednih	Začetek	Po 4 tednih
Dvig bokov z drogom z oporo na klopi	drog + 50 kg	drog + 55 kg	drog + 60 kg	drog + 60 kg
Mrtvi dvig z drogom	drog + 22,5 kg	drog + 27,5 kg	drog + 30 kg	drog + 37,5 kg
Izteg kolka stoje na trenažerju	35 kg	37,5 kg	42,5 kg	47,5 kg
Odmik nog sede na trenažerju	65 kg	70 kg	75 kg	82,5 kg
Izpadni korak z ročkami (hoja naprej)	20 kg	24 kg	32 kg	32 kg
Dvig na prste sede na trenažerju	30 kg	35 kg	37 kg	40 kg
Odmik rok z ročkami pokrčeno	2 x 6 kg	2 x 7 kg	2 x 8 kg	2 x 9 kg
Potisk nad glavo z ročkami	2 x 8 kg	2 x 9 kg	2 x 10 kg	2 x 12 kg (2 x) 2 x 10 kg (2 x)
Pokončno veslanje s škripcem	30 kg	35 kg	37 kg	40 kg
Dvig rok spredaj z ročkami	2 x 6 kg	2 x 7 kg	2 x 8 kg (2x) 2 x 7 kg (2x)	2 x 8 kg

5. Hrbet, roke in trebušne mišice

Vaja	Teža bremena			
	1. intervencija		2. intervencija	
	Začetek	Po 4 tednih	Začetek	Po 4 tednih

Nasprotni upogib trupa na klopi z naklonom	/	/	/	/
Upogib trupa na trenažerju	20 kg	22 kg	25 kg	27 kg
Priteg pred glavo z ozkim podprijemom	35 kg	37 kg	40 kg	
Priteg pred glavo s širokim prijemom ob strani	35 kg (2x) 30 kg (2x)	35 kg	37 kg	
Veslanje na trenažerju s komolci ob telesu	2 x 17 kg	2 x 19 kg	2 x 21, 25 kg	2 x 23, 25 kg
Veslanje sede s škripcem z ozkim nevtralnim prijemom	25 kg	30 kg	32 kg	35 kg
Izteg trupa na klopi	15 kg	17 kg	20 kg	20 kg
Izteg komolcev s škripcem ob telesu z nadprijemom	30 kg	35 kg	37 kg	40 kg
Izteg komolcev nad glavo z ročko	14 kg (3x) 12 kg (1x)	14 kg	16 kg	16 kg
Izmenični kovaški upogib komolcev z ročkami	2 x 7 kg (2x) 2 x 6 kg (2x)	2 x 7 kg	2 x 8 kg	2 x 9 kg
Upogib komolcev z Z palico	palica + 2 x 4 kg	palica + 2 x 5 kg	palica + 2 x 6,25 kg	palica + 2 x 7 kg
